

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**E.A.P. DE ODONTOLOGÍA**

**Efecto in vitro del yoduro de potasio yodado al 2%  
posterior a la preparación quimiomecánica en  
conductos radiculares infectados con *Enterococcus  
faecalis*.**

**TESIS**

**para optar el título de Cirujano Dentista**

**AUTOR**

**Javier Tello Barbarán**

**Lima - Perú**

**2008**

# ***Dedicatoria***

*A mis padres, **Félix Alejandro** y **Alicia Victoria** con todo mi amor, respeto y cariño.*

*A mis hermanos, **Alejandro, Marcos y Roberto**, ejemplos de esfuerzo y dedicación, amigos que labraron mi camino.*

*A mis abuelos: **José, Victoria, Roberto y Amelia**.*

*A **Matías**, comienzo de la continuación de nuestras vidas.*

*A **toda mi familia**, constante estímulo de fuerza y superación.*

*A **Aymé**, por su afecto, cariño y comprensión.*

*A mis profesores **Gerardo Ayala, Sixto Grados, Luciano Soldevilla y Romel Watanabe** por enseñarme a disfrutar de la Odontología.*

# **Agradecimientos**

*A **Dios**, por darme la oportunidad de vivir y la perseverancia para culminar este trabajo.*

*A mi asesora, **Mg. Blg<sup>º</sup> Hilda Moromi Nakata**, profesora responsable del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Odontología de la UNMSM; por su permanente orientación científica, amistad y su incondicional apoyo en la elaboración de este trabajo.*

*Al **C.D. Ronald Ordinola Zapata**, alumno de la Maestría en Endodoncia de la Universidad de Sao Paulo; por su constante ayuda y apoyo incansable en la realización del presente trabajo de investigación.*

*Al **C.D. Andrew Alejandro Estrada**, por su amistad, constante colaboración y valiosa ayuda en la redacción del presente trabajo de investigación.*

*Al Staff profesional y docentes colaboradores de la cátedra de Microbiología General y Estomatológica: **Mg. Blg<sup>º</sup> Hilda Moromi Nakata, Blg<sup>º</sup> Elba Martínez Cadillo, Dr. Alejandro Mendoza Rojas, C.D. Donald Ramos Perfecto, C.D. Jonny Burga Sánchez y C.D. José Luis Muñante Cárdenas**; por su constante ayuda, amistad y ejemplo a seguir.*

*Al **Dr. Gomes de la Torre**, médico del Laboratorio de Microbiología del Hospital Central de la Fuerza del Perú, por la donación de la cepa empleada en el presente trabajo de investigación.*

*Al personal técnico del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos: **Srta. Violeta Chavesta y Sra. Maximiana Aquino**; por su constante apoyo en la realización del presente trabajo.*

*A todos mis profesores y amigos que de una u otra manera me brindaron su apoyo e hicieron posible la realización de esta tesis.*

## ÍNDICE

I	Introducción.....	1
II.	Marco teórico	
2.1	Antecedentes.....	3
2.2	Bases teóricas.....	6
2.2.1	El género <i>Enterococcus</i> .....	10
2.2.2	Factores de virulencia.....	13
2.2.3.	Resistencia antimicrobiana de los <i>Enterococcus</i> .....	16
2.2.4	<i>Enterococcus</i> en la flora normal de la cavidad oral.....	18
2.2.5	<i>Enterococcus</i> en la periodontitis apical primaria.....	19
2.2.6	<i>Enterococcus faecalis</i> y la formación de biofilm.....	21
2.2.7	<i>Enterococcus faecalis</i> y su papel en la infección postratamiento de los conductos radiculares.....	23
2.2.8	<i>Enterococcus</i> después del inicio del tratamiento.....	24
2.2.9	Periodontitis apical postratamiento y retratamiento.....	25
2.2.10	Irrigación con hipoclorito de sodio .....	26
2.2.11	Irrigación con compuestos de yodo.....	28
2.2.12	Yoduro de potasio yodado.....	29
2.2.13	Principios para la preparación de la cavidad radicular.....	32
2.2.14	Ventajas de la técnica corono apical.....	33
2.2.15	Desventajas de la técnica corono apical.....	35
2.2.16	Descripción y guía de uso del sistema Protaper® .....	36
2.3	Identificación del problema.....	42
2.4	Planteamiento del problema .....	43
2.5	Justificación del estudio.....	43

2.6	Objetivos de la investigación	
2.6.1	Objetivo general.....	45
2.6.2	Objetivo específicos.....	45
2.7	Definición de términos.....	46
2.8	Hipótesis.....	47
III.	Materiales y métodos	
3.1	Tipo de estudio.....	47
3.2	Población y muestra.....	48
3.3	Operacionalización de variables.....	50
3.4	Materiales y métodos	
3.4.1	Recursos humanos.....	51
3.4.2	Recursos materiales.....	51
3.4.3	Infraestructura.....	53
3.4.4	Procedimientos y técnicas.....	55
3.4.5	Recolección de datos.....	67
IV.	Resultados.....	69
V.	Discusión.....	76
VI.	Conclusiones.....	80
VII.	Recomendaciones.....	81
	Resumen .....	82
	Summary .....	83
VIII.	Referencias bibliográficas.....	84
	Anexos	

## ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

<b>Figura 1.</b> <i>Limas rotatorias de níquel titanio.....</i>	54
<b>Figura 2.</b> <i>Mesa de trabajo.....</i>	54
<b>Figura 3.</b> <i>Recolección y desinfección de las muestras para la preparación de los especímenes.....</i>	57
<b>Figura 4.</b> <i>Apertura y sección coronal de las muestras.....</i>	58
<b>Figura 5.</b> <i>Radiografías para verificar presencia de conductos mesiales.....</i>	59
<b>Figura 6.</b> <i>Especímenes preparados.....</i>	60
<b>Figura 7.</b> <i>Esterilización de la muestras en Infusión Cerebro Corazón y control de esterilización a 37° C durante 24 horas.....</i>	62
<b>Figura 8.</b> <i>Confirmación de la cepa mediante coloración Gram, hidrólisis de la esculina en agar bilis esculina y prueba bioquímica de catalasa.....</i>	63
<b>Figura 9.</b> <i>Set de limas manuales y rotatorias para instrumentación de conductos radiculares.....</i>	63
<b>Figura 10.</b> <i>Motor y sistema de instrumentación.....</i>	65
<b>Figura 11.</b> <i>Aplicación del IKI al 2 % en conductos mesiales (A y B). Inactivación con tiosulfato de sodio al 5 % durante 5 minutos. Adviértase el cambio de coloración (C, D y E).....</i>	66
<b>Figura 12.</b> <i>Toma de muestra (A). Homogenización en tioglicolato (B). Extracción de 100 microlitros con micropipeta (C). Depósito y siembra por disseminación con espátula de Digralsky (D, E).....</i>	68
<b>Figura 13-20.</b> <i>Resultados de la semicuantificación. Preoperatorio y posoperatorio. ....</i>	74

## JURADO DE SUSTENTACIÓN

PRESIDENTE:

Mg. C.D. Doris Elizabeth Salcedo Moncada

MIEMBRO:

C. D. Juan José Paz Fernández

MIEMBRO ASESOR:

Mg. Blg<sup>o</sup> Hilda Moromi Nakata

## I. INTRODUCCIÓN

Los microorganismos pueden invadir el conducto radicular y llegar a lesionar los tejidos pulpaes y perirradiculares produciendo un cuadro inflamatorio; por lo cual, el objetivo principal del tratamiento endodóntico debe estar enfocado en la eliminación de la infección y prevenir la reinfección. La flora de los conductos con fracaso de tratamiento endodóntico está formada por un limitado número de especies microbianas predominantemente grampositivas. Varios estudios han reportado que en piezas dentarias con signos clínicos y radiográficos de periodontitis apical los microorganismos predominantes son los *Streptococcus no mutans*, *Enterococcus*, *Lactobacillus* y *Candida*, los cuales al parecer sobreviven al tratamiento quimiomecánico del conducto radicular. Uno de estos microorganismos, *Enterococcus faecalis*, presenta una gran capacidad de adaptación y tolerancia a las condiciones de un medio adverso, siendo difícil su erradicación.

Se ha estudiado la acción de diferentes antimicrobianos para la remoción de agentes infecciosos en el conducto radicular, sin embargo, la flora residente en los dientes obturados endodónticamente con enfermedad periapical persistente plantean un reto constante al profesional para mantener el equilibrio de la interacción hospedero–patógeno, todo ello, en procura del mantenimiento de un estado fisiológico sin signos y síntomas que nos conduzcan cada vez a una evolución favorable del tratamiento y resultados más predecibles.



Las soluciones a base de yodo se han empleado por décadas en la odontología, siendo el yodo molecular ( $I_2$ ) responsable de la actividad antimicrobiana. El yoduro de potasio yodado (IKI), en el campo de la endodoncia comúnmente ha sido usado como una medicación entre citas. Diversos estudios han sugerido el uso del IKI como irrigante o medicación en una misma cita.

El presente trabajo *in vitro* evaluará la capacidad antibacteriana del yoduro de potasio yodado al 2% como un coadyuvante para la erradicación de la bacteria *Enterococcus faecalis* de los conductos radiculares posterior al tratamiento quimiomecánico, bajo un modelo de evaluación y control microbiológico de las paredes del conducto radicular, reproduciendo características clínicas tales como la anatomía de los conductos radiculares y el efecto mecánico de una técnica de instrumentación rotatoria.

## II. MARCO TEÓRICO

### Antecedentes

**Kakehashi y cols.** proporcionaron evidencia experimental y establecieron claramente el papel fundamental de las bacterias en la enfermedad pulpar y periapical. En este estudio se demostró la aparición de enfermedad pulpar y periapical en pulpas dentales de molares de ratas quirúrgicamente expuestas sólo cuando existían bacterias en la cavidad bucal. En ratas gnotobióticas (libres de microorganismos) las pulpas expuestas permanecieron sanas e iniciaron la reparación formando un puente dentinario a nivel de la exposición pulpar.<sup>1</sup>

**Peciuliene y cols.** en el 2001, estudiaron el efecto antimicrobiano de la irrigación con yoduro de potasio yodado en 20 dientes oburados con periodontitis apical crónica. Aislaron bacterias en 16 dientes antes de la instrumentación y en cinco dientes después de la instrumentación y de la irrigación, tres de los cinco conductos contenían *Enterococcus faecalis* en cultivo puro y uno en cultivo mixto. Después de la irrigación con IKI al 2% durante 5 minutos, tomaron una tercera muestra después de neutralizar la actividad antibacteriana del yoduro de potasio yodado ( IKI ) con una solución de tiosulfato de sodio, encontrando crecimiento persistente de *Enterococcus faecalis* en cultivo puro sólo en un conducto.<sup>2</sup>

**Chávez de Paz y cols.** lograron aislar 248 especies en 107 dientes de un total de 200 piezas dentarias con antecedente y evidencia clínica y radiográfica de periodontitis apical después de realizar tratamiento endodóntico antimicrobiano, mostrando que una vez establecidos microorganismos como *Streptococcus no mutans*, *Enterococcus* y *Lactobacillus*, estos fueron capaces de sobrevivir en el conducto radicular.<sup>3</sup>

**Baker y cols.** investigaron la capacidad de los irrigantes y medicamentos endodónticos asociados a una sustancia surfactante para la eliminación de *Enterococcus faecalis* de los túbulos dentinarios de raíces bovinas infectadas *in vitro*. Encontraron que la adición del surfactante no aumentó la acción antibacteriana de ningún medicamento y que el yoduro de potasio yodado (IKI) fue el único agente que mostró una eliminación consistente de *Enterococcus faecalis* en un plazo de tiempo de 15 minutos, llegando a sugerir mayores trabajos para explorar el potencial del IKI en la esterilización del conducto radicular cuando es usado como irrigante endodóntico.<sup>4</sup>

**Kvist y cols.** evaluaron microbiológicamente la eficacia antimicrobiana de los tratamientos endodónticos en una sesión (con una medicación en la misma cita de IKI al 5% durante 10 minutos) y dos sesiones (medicación durante una semana con una pasta de CaOH<sub>2</sub> usando como vehículo agua destilada) de un total de 96

dientes con periodontitis apical distribuidos al azar en ambos grupos. Inicialmente se demostró la presencia de microorganismos en un 98% de los dientes. La muestra posinstrumentación demostró una reducción de microorganismos. Una medicación antimicrobiana adicional redujo el número de dientes con bacterias. En los dientes tratados en una sola cita hubo una recuperación de microorganismos residuales de un 29% mientras que en los dientes tratados en dos citas hubo una recuperación de 36%. Si bien este resultado no fue estadísticamente significativo, desde el punto de vista microbiológico el tratamiento de dientes con periodontitis apical realizado en dos citas no fue más efectivo que el realizado en una sola cita.<sup>5</sup>

**Ordinola y cols.** evaluaron la capacidad antimicrobiana *in vitro* de diferentes soluciones irrigantes y medicamentos endodónticos frente a *Enterococcus faecalis*, *Lactobacillus casei* y *Streptococcus oralis*, obteniendo que el yoduro de potasio yodado al 2% tuvo una mejor capacidad antibacteriana que la clorhexidina al 0.12%, hexetidina al 0.1% e hipoclorito de sodio al 1%, pero tuvo menor capacidad antibacteriana que la doxiciclina al 100%.<sup>6</sup>

## **Bases teóricas**

La cavidad oral representa un ecosistema abierto y dinámico donde coexisten una serie de ecosistemas primarios y reside la amplia microbiota oral.<sup>7</sup> Este medio bucal, caracterizado por su heterogenicidad, variabilidad, cantidad y especificidad, está colonizado por una flora normal en una relación simbiótica capaz de estimular la respuesta inmune<sup>8</sup>. Si los microorganismos de la flora normal son provistos de condiciones adecuadas y ganan acceso a tejidos normalmente estériles, como la pulpa dental y los tejidos perirradiculares, se pueden convertir en patógenos oportunistas. Al mismo tiempo, si la invasión de los tejidos por microorganismos causa daño, entonces se producirá una infección. De manera que, la enfermedad endodóntica será resultado de los efectos patogénicos de los microorganismos y de la respuesta del huésped.<sup>9</sup>

Los microorganismos juegan un rol importante en el desarrollo y progresión de lesiones pulpares y de tejidos perirradiculares. La invasión de los microorganismos provenientes del conducto radicular necrótico hacia el área apical son capaces de producir un cuadro inflamatorio en estos tejidos; por tanto para lograr su cicatrización el objetivo principal del tratamiento endodóntico debe estar enfocado en la eliminación total de la infección así como prevenir la reinfección.<sup>10</sup> La persistencia de la inflamación periapical reportada en estudios poblacionales también ha estado asociada a defectos técnicos como obturaciones defectuosas y

restauraciones coronales inadecuadas, presentando tendencia a la recidiva y comprometiendo el éxito clínico del tratamiento.<sup>11,12</sup> La flora de los conductos con fracaso de tratamiento endodóntico está formada por un limitado número de especies microbianas predominantemente grampositivas, además se han podido encontrar infecciones polimicrobianas y anaerobios estrictos en los casos donde este fracaso fue acompañado de sintomatología dolorosa.<sup>13</sup> Varios estudios han reportado que en piezas dentarias con signos clínicos y radiográficos de periodontitis apical, los microorganismos predominantes son los *Streptococcus no mutans*, *Enterococcus* y *Lactobacillus*, los cuales al parecer comúnmente sobreviven al tratamiento quimiomecánico del conducto radicular.<sup>3,13-16</sup> También se han encontrado levaduras en conductos de dientes obturados en los cuales el tratamiento ha fallado.<sup>17</sup>

Uno de los microorganismos que ha estado comúnmente asociado a estas infecciones endodónticas postratamiento es la bacteria *Enterococcus faecalis*, la cual es probablemente un microorganismo con una gran capacidad de adaptación y tolerancia a las condiciones exigentes del medio presente en los conductos radiculares obturados, siendo difícil su erradicación mediante la preparación quimiomecánica, el empleo de irrigantes desinfectantes y el uso de medicaciones antibacterianas.<sup>18,19</sup> En el intento de eliminar los microorganismos del conducto radicular se hace indispensable su irrigación, ya que con ello no sólo se logra la eliminación de las bacterias, sino que también se facilita la remoción de tejidos necróticos y fragmentos de dentina,

previniendo el empaquetamiento de tejidos infectados en el ápice y en el área periapical. Así, el uso del irrigante desempeña un papel importante como parte de la preparación quimiomecánica del sistema de conductos. Si bien la preparación biomecánica facilita la conformación del conducto radicular, la preparación química ayuda en la desinfección y limpieza del sistema de conductos radiculares; esto se debe principalmente a la capacidad de algunos irrigantes - como la solución de hipoclorito de sodio - en disolver tejidos orgánicos, remover, desbridar y eliminar microorganismos.<sup>20</sup> También se han sugerido como irrigantes el uso de otras soluciones en el intento de obtener un agente que promueva una desinfección total del conducto, tales como los compuestos a base de yodo.<sup>4</sup>

En la cavidad oral existen aproximadamente  $10 \times 10^9$  bacterias entre las cuales existen más de 500 especies diversas de microorganismos en busca de albergue y nutrición.<sup>9</sup> Todas las bacterias en la cavidad bucal comparten las mismas oportunidades para invadir el espacio del conducto radicular; sin embargo, solamente se ha identificado un limitado grupo de especies en conductos radiculares infectados.<sup>21</sup> El conducto radicular es un ambiente único donde la selectividad biológica conduce el tipo y el curso de la infección, además representa un ambiente anaerobio en donde las interacciones entre los factores microbianos y la disponibilidad de nutrientes son los principales elementos que definen la composición de la flora microbiana.<sup>9</sup>

La infección del conducto radicular es un proceso dinámico y diversas especies bacterianas predominan en diferentes etapas de este proceso. El tratamiento quimiomecánico del conducto radicular promueve la eliminación de agentes microbianos y la cicatrización de los tejidos perirradiculares. Sin embargo, se puede reconocer diversos procedimientos que pueden conducir al fracaso del tratamiento endodóntico y a la persistencia de la enfermedad, entre los que tenemos: control aséptico inadecuado, pobre diseño de acceso a la cavidad, conductos no encontrados, instrumentación inadecuada y la microfiltración de restauraciones temporales o permanentes. Se cree que la causa principal de la enfermedad persistente después del tratamiento del conducto radicular es la persistencia de microorganismos en la porción apical de dientes obturados endodónticamente.<sup>18</sup>

Hay poca diversidad de especies aisladas de dientes obturados endodónticamente con enfermedad periapical persistente, siendo las más prevalentes especies de *Enterococcus* y los *Streptococcus* y predominio de bacilos grampositivos como los *Lactobacillus*.<sup>21</sup> El predominio del género *Enterococcus* ha sido encontrado frecuente en varios estudios que han investigado la flora en dientes obturados endodónticamente y se ha implicado al *Enterococcus faecalis* como un patógeno oportunista en la periodontitis apical persistente.<sup>18,22</sup>



La acción de diferentes antimicrobianos ha sido estudiada a lo largo del tiempo para promover la remoción de agentes infecciosos en el conducto radicular <sup>4, 20-22</sup>; sin embargo, la flora residente en los dientes obturados endodónticamente con enfermedad periapical persistente plantean un reto constante al profesional para mantener el equilibrio de la interacción huésped–patógeno, todo ello, en procura del mantenimiento de un estado fisiológico sin signos y síntomas que nos conduzcan cada vez a una evolución favorable del tratamiento y resultados más predecibles.<sup>23</sup> Las soluciones a base de yodo se han empleado por décadas para la desinfección de superficies, piel y campos operatorios por poseer una rápida acción bactericida, fungicida, tuberculicida, virucida y esporocida, siendo el yodo molecular (I<sub>2</sub>) responsable de la actividad antimicrobiana. El yoduro de potasio yodado (IKI), en el campo de la endodoncia comúnmente ha sido usado como una medicación entre citas. Diversos estudios han sugerido el uso del yoduro de potasio yodado como irrigante o medicación en una misma cita.<sup>5</sup>

### **El género *Enterococcus*.**

A mediados de los ochenta los *Enterococcus* fueron clasificados en un género separado. Por sus características básicas de observación (coloración grampositiva, cadenas cortas o en pares, dispersión y catalasa negativos) habían sido clasificados dentro del género *Streptococcus*. Fueron

clasificados como enterococos del grupo D tolerantes a la sal con la clasificación serológica de la Dra. Rebeca Lancefield y con el descubrimiento del antígeno del grupo D. Sin embargo, el antígeno del grupo D es un ácido lipoteicoico (ALT) diferente a los antígenos del grupo de carbohidratos de otros estreptococos.<sup>18</sup>

En 1984 se dio a los enterococos la denominación formal de género. Las especies más importantes de *Enterococcus* son: *E. faecalis* (cavidad oral, tracto gastrointestinal, animales, agua, comida), *E. faecium* (cavidad oral, tracto gastrointestinal, animales, agua, comida), *E. gallinarum* (comida, infrecuentemente en humanos), *E. casseliflavus* (suelo, plantas, comida, infrecuentemente en humanos), *E. avium* (animales), *E. hirae* (animales) y *E. durans* (humanos, animales y comida).<sup>24</sup>

Los *Enterococcus* son células esféricas u ovoideas, se presentan en pares o en cadenas cortas en medios líquidos. No forman esporas y algunas especies pueden ser móviles por presencia de escasos flagelos. Forman colonias cremosas blanquecinas, son grampositivos, catalasa negativos y capaces de crecer en NaCl al 6,5%, en un rango de temperatura de 10 °C a 45 °C, pueden sobrevivir 30 minutos a 60 °C y a un pH por encima de 9.6.<sup>18</sup> La mayoría de *Enterococcus* son

anaerobios facultativos, aunque algunas especies son aerobias estrictas. Fermentan un amplio rango de carbohidratos en caldo de glucosa, produciendo principalmente ácido láctico y un pH final de 4.2 – 4.6, algunas veces con valores menores. Los *Enterococcus* normalmente no reducen nitratos y no digieren pectina o celulosa. Son especies ubicuas y potencialmente patógenas capaces de adquirir resistencia o tolerancia fenotípica a muchos desinfectantes o agentes químicos. El crecimiento en bilis esculina es una característica útil para la identificación de *Enterococcus*.<sup>18,22</sup> *Enterococcus faecalis* posee un antígeno de pared celular de carbohidrato del grupo D (Lancefield), el cual es un ácido teicoico con glicerol intracelular asociado con la membrana citoplasmática. La pared celular contiene una gran cantidad de peptidoglucano y ácidos teicoicos. El peptidoglucano (cadenas lineales de carbohidratos unidos por péptidos), el cual se encuentra en la mayoría de paredes celulares bacterianas, ayuda a mantener la forma microbiana y tiene un sostén polisacárido que alterna ácidos de N - acetilglucosamina (GlcNAc) y N - acetilmurámico (MurNAc). Estos polisacáridos están entrecruzados con puentes de péptidos y contribuyen a la estructura tridimensional del peptidoglucano. Debido a la localización del peptidoglucano en el exterior de la membrana citoplasmática y su especificidad, la transglicosilación ha sido indicada como un blanco potencial para los medicamentos antibacterianos.<sup>18</sup>

## Factores de virulencia

Los factores de virulencia de los *Enterococcus* les permite adherirse a la célula huésped y a la matriz extracelular, facilita la invasión a los tejidos, regula el efecto de inmunomodulación y es causa de daño producido por toxinas.<sup>18,22,24</sup> Estos factores incluyen:

**Sustancia de agregación (SA).** Es una adhesina codificada por plásmidos. Esta adhesina interviene en el contacto célula a célula, la cual facilita el intercambio de plásmidos entre la cepa receptora y donadora. De esta manera, el material genético tal como la resistencia a antibióticos puede ser transferida entre cepas de *E. faecalis* y otras especies.<sup>18,24</sup> SA puede servir como determinante de virulencia de cuatro maneras distintas:

- (i) Participa en la diseminación de factores de virulencia codificado por plásmidos, tales como citolisina enterocócica y determinantes de resistencia antibiótica dentro de las especies.<sup>18</sup>
- (ii) Puede facilitar la adhesión de los enterococos a las células del epitelio renal e intestinal y la colonización de estas superficies.<sup>18</sup>

- (iii) También puede proteger contra leucocitos polimorfonucleares (PMN) o macrófagos promoviendo la fagocitosis de la bacteria, pero no da por resultado la muerte microbiana. El mecanismo para esta protección puede ser a través de maduración fagosomal.<sup>18</sup>
- (iv) La sustancia de agregación y las citolisinas tienen acciones sinérgicas aumentando la virulencia, lo cual aumenta el modo de detectar la cantidad de regulación de citolisina. Esto dará lugar a daño tisular y una invasión más profunda del tejido.<sup>18</sup>

**Proteína enterocócica de superficie esp.** Es una gran proteína de superficie codificada por cromosomas con una arquitectura particular que contiene múltiples partículas de repetición. Su rol en la virulencia es confuso, pero se especula que la región de repetición central puede servir para retraer la proteína de la superficie bacteriana para ocultar la proteína del sistema inmune, y que la región N-terminal de esp puede participar en la interacción con el huésped. Los genes que codifican esp han sido ordenados en cepas de *E. faecalis* derivados de la infección y han mostrado a menudo estar ausentes en especies menos patógenas. Esta observación sugirió un rol como un factor de virulencia en *E. faecalis*. Se ha demostrado la relación entre la presencia de esp y la capacidad de formación de

biofilm en *E. faecalis*.<sup>18</sup> También se ha mostrado que ninguna cepa de *E. faecalis* con defecto de *esp* fue capaz de formar un biofilm, indicando una asociación genética entre la presencia de *esp* y la presencia de adhesinas.<sup>18,24</sup>

**Gelatinasa.** Estas proteasas bacterianas proporcionan nutrientes peptídicos a los organismos, pero es posible que causen daño directo o indirecto a los tejidos del huésped y puedan ser clasificados como factores de virulencia. Para *E. faecalis* se han descrito dos proteasas: gelatinasa y proteasa serina. Su secreción es autorregulada a través del sistema *fsr*. La gelatinasa es una endopeptidasa no codificada por plásmidos, la cual es una proteína fuertemente hidrofóbica y tiene un amplio rango de pH óptimo entre 6 y 8; puede hidrolizar la gelatina, caseína, insulina, fibrinógeno y péptidos pequeños. Esta metaloproteína ha sido denominada cocolisina debido a su capacidad para inactivar endotelina humana (péptido vasoactivo). Sin embargo, el término gelatinasa es de uso común en la mayoría de estudios.<sup>18,24</sup>

**Hemolisina.** La hemolisina, una toxina codificada por plásmido, es producida por aislamientos de *E. faecalis*  $\beta$ -hemolíticos. Esta toxina lisa eritrocitos, neutrófilos y macrófagos, mata células bacterianas y puede conducir a

una fagocitosis reducida. Basados en análisis de aminoácidos de citolisinas purificadas de *E. faecalis*, ha sido clasificado como lantibiótico de grupo A. Los lantibióticos son péptidos sintetizados ribosomalmente que contienen el aminoácido lantibionina y otros aminoácidos modificados que normalmente no se encuentran en proteínas.<sup>18,24</sup>

**Superóxido extracelular.** Su producción es significativamente mayor en cepas invasivas que en aislamientos comensales.<sup>18,24</sup>

### **Resistencia antimicrobiana de los enterococos**

La mayoría de *Enterococcus* son resistentes intrínseca o naturalmente a varios antimicrobianos que incluyen betalactámicos (cefalosporinas y penicilinas semisintéticas penicilinasa resistente), clindamicina, bajas concentraciones de aminoglucósidos y fluoroquinolonas. Son naturalmente sensibles a la ampicilina y vancomicina, pero pueden adquirir resistencia a estos antibióticos después de la exposición. Son capaces de desarrollar resistencia a tetraciclinas, macrólidos, glucopéptidos (vancomicina y teicoplanina), cloranfenicol y altas concentraciones de betalactamasas así como aminoglucósidos.<sup>18,24</sup>

La adquisición de resistencia antibiótica ocurre a través de la adquisición de genes de resistencia en plásmidos o transposones de otros microorganismos. Los *Enterococcus* pueden secretar feromonas que estimulan la síntesis de la sustancia de agregación de superficie; esto facilita el contacto entre las células y el agregado de acoplamiento, el cual finalmente conducirá al intercambio de plásmidos que transfieren resistencia.<sup>18,24,25</sup> En los últimos años, los *Enterococcus* han recibido un creciente interés debido al desarrollo de resistencia a múltiples drogas antimicrobianas; esto puede ser una explicación para su prevalencia en infecciones nosocomiales. Además de la resistencia natural o adquirida a varios agentes, los *Enterococcus* también pueden desarrollar resistencia mediado por transposones y plásmidos a tetraciclina, eritromicina, altos niveles de trimetopim y altos niveles de clindamicina. Los enterococos resistentes a vancomicina (VRE) probablemente representan el desafío más serio entre muchos microbios con resistencia antibiótica, como un origen de infecciones clínicas humanas en décadas pasadas. Dos fenotipos distintos de VRE transferibles han sido descritos: el fenotipo VanA, asociado con un alto nivel de resistencia inducible a vancomicina y resistencia cruzada a teicoplanina; y el fenotipo VanB, el cual usualmente tiene niveles variables de resistencia inducible solamente a vancomicina.<sup>18,24</sup>



El mecanismo de resistencia adquirida a glucopéptidos en los *Enterococcus* VanA y VanB es a través de un grupo de genes que codifican un precursor de la pared celular que enlaza pobremente la vancomicina. Además, la capacidad de los enterococos para transmitir plásmidos a los *Streptococcus* y *Staphylococcus* y las implicaciones de una posible extensión de resistencia a penicilina y vancomicina a estas y otras especies grampositivas son también motivo de preocupación<sup>18,24</sup>

### **Los *Enterococcus* en la flora normal de la cavidad oral.**

Los *Enterococcus* han sido aislados en números pequeños en la cavidad oral de las personas. *E. faecalis* es la especie más comúnmente aislada. Los enterococos son los organismos comensales mejor adaptados para sobrevivir en los tractos intestinal y vaginal y en la cavidad oral. Varios trabajos de investigación han reportado la presencia de *E. faecalis* en la flora de la cavidad oral en pacientes con diferentes entidades clínicas sometidos a antibioterapia, entre los que tenemos pacientes dializados, pacientes con síndrome de Sjögren primario, inmunodeficiencia adquirida y pacientes con leucemia mieloide aguda.<sup>18,22</sup> *Enterococcus faecalis* es claramente parte de la flora oral humana. Sin embargo, en individuos saludables que no han sido tratados con

antibióticos de amplio espectro, la cantidad relativa de *Enterococcus* es bastante pequeña. Sin embargo, la prevalencia de *E. faecalis* en conductos obturados e infectados es una indicación que su ocurrencia en la cavidad oral puede ser mayor que en los trabajos reportados.<sup>18</sup>

### **Enterococos en la periodontitis apical primaria**

Una amplia dominancia de bacterias anaerobias estrictas es típica de la periodontitis apical primaria, junto con algunas bacterias anaerobias facultativas tales como *Streptococcus*, *Lactobacillus* y *Actinomyces*. La periodontitis apical primaria tiene una amplia variedad de combinaciones bacterianas; usualmente tres a seis especies pueden ser aisladas de un diente usando métodos de cultivo convencionales. Munson et al, usando métodos de cultivo y PCR, reportaron un número mayor y una gran diversidad de especies en los conductos necróticos que previamente encontraron. Esto se puede explicar por la alta proporción de cepas, los cuales son difíciles de cultivar aun con técnicas modernas anaerobias. Sin embargo, el rol de las especies no cultivables en la periodontitis apical es aún desconocido. El número de especies ha mostrado ser mayor en dientes con lesiones periapicales amplias que en dientes con lesiones menores.<sup>18</sup>

La flora bacteriana anaeróbica en la periodontitis apical primaria es parcialmente una consecuencia de las condiciones ecológicas en los conductos necróticos, el bajo potencial redox y nutrientes ricos en péptidos y bajo en carbohidratos. Estudios en animales, usando infecciones experimentales del conducto con una mezcla conocida de bacterias, también han demostrado un cambio fuerte en la flora infectiva hacia especies anaeróbicas obligadas.<sup>18</sup> Los aislamientos de especies de enterococos no son típicos en la periodontitis apical primaria, antes del inicio del tratamiento. En la mayoría de estudios, si no todos, donde el diagnóstico inicial de periodontitis apical primaria ha sido bien documentada, no se han encontrado *Enterococcus*.<sup>18,24</sup>

En muchos estudios donde los *Enterococcus* han sido encontrados, el diagnóstico pretratamiento no fue dado en detalle, o el origen del aislamiento bacteriano específico no fue indicado cuando las infecciones primarias y secundarias fueron estudiadas. Además, hasta cierto punto es incierto o no si *E. faecalis* puede ser encontrado en dientes no tratados con periodontitis apical. Sin embargo, ya hace 40 años, Engström reportó *Enterococcus* en 12.1% de cultivos positivos al inicio del tratamiento primario de conductos necróticos. Siquiera et al. analizaron la prevalencia de *Actinomyces spp.*, *Streptococcus* y *Enterococcus faecalis* en infecciones primarias del conducto

mediante un método molecular genético, donde la presencia de *Enterococcus faecalis* en infecciones agudas fue claramente menor que en dientes asintomáticos.<sup>18,22</sup>

### ***Enterococcus faecalis* y la formación de biofilm.**

Muchos microorganismos son capaces de formar comunidades microbianas unidas a superficie, conocidos como biofilm. Los biofilm pueden ser definidos como comunidades de microorganismos unidas a una superficie y envueltos en una matriz de polisacáridos y proteínas que forman una capa pegajosa. La matriz típicamente representa el 85% del volumen del biofilm. Es difícil producir un biofilm en los laboratorios, debido a que muchas cepas adaptadas al laboratorio han perdido su capacidad para adherirse a las superficies. Aunque las bacterias que forman un biofilm no pueden dividirse, son viables y cultivables una vez que se han separado del biofilm. Una ventaja de formar un estado unido al biofilm es que acelera el intercambio de elementos genéticos transmisibles. Se ha demostrado que hay proporciones crecientes de conjugación en biofilm bacterianos, sin embargo estudios han mostrado diferencias en la expresión solamente para algunos genes.<sup>18,22</sup> Los biofilm pueden contaminar implantes y catéteres y ser origen del 60% de las infecciones adquiridas en el hospital. Después de un corto tiempo de la

introducción del dispositivo biocompatible dentro del cuerpo, las proteínas del huésped y los glucosaminoglucanos son absorbidos en la superficie del biomaterial, así como la composición del fluido del huésped influenciará la absorción. Las bacterias que entran en contacto con el dispositivo pueden enlazarse a las proteínas o glucosaminoglucanos por interacciones específicas de receptor o interacciones hidrofóbicas. Se ha demostrado que los *Enterococcus*, como otros microorganismos grampositivos, son capaces de adherirse y formar biofilm sobre superficies plásticas. Sin embargo, varios factores para la formación de biofilm y su mantenimiento son desconocidos. Las infecciones basadas en biofilm raramente son eliminadas totalmente, aun en individuos con una respuesta inmune competente y adaptativa. Debido a complejos inmunes y neutrófilos invasores, los tejidos adyacentes al biofilm pueden experimentar daño colateral. La terapia antibiótica puede eliminar los síntomas y la bacteria que ha sido liberada del biofilm, mas no erradica las bacterias que están inmersas en el biofilm. Así, después de la terapia antibiótica puede ocurrir una infección recurrente.<sup>18</sup> La primera hipótesis para la resistencia de biofilm bacterianos a los antibióticos es la reducida o poca penetración del medicamento a través del biofilm. la segunda hipótesis está basada en posibles cambios en el medio químico dentro del biofilm. la tercera hipótesis es aún especulativa y sugiere que una

subpoblación de bacterias en un biofilm forma un estado fenotípico. En este estado, las bacterias están altamente protegidas y la diferenciación celular es similar a la formación de espora.<sup>18</sup>

### ***Enterococcus faecalis* y su papel en la infección postratamiento de los conductos radiculares.**

*Enterococcus faecalis* es un patógeno reconocido en las infecciones postratamiento de endodoncia, pudiendo ser aislado en floras mixtas y en cultivos aislados. Este microorganismo tolera y se adapta mejor a las condiciones ecológicamente exigentes de un conducto radicular obturado. Su erradicación es difícil con procedimientos quimiomecánicos, irrigantes desinfectantes y medicamentos antibacterianos. Los *Enterococcus* forman parte de la flora normal de la cavidad oral y del tracto gastrointestinal, aunque se pueden comportar como potenciales patógenos humanos. Estos microorganismos desarrollan múltiples resistencias a varios antibióticos, lo cual plantea serios problemas terapéuticos.<sup>18,24</sup>

De las infecciones causadas por los enterococos, aproximadamente un 80% es causada por *E. faecalis*. Las infecciones adquiridas en la comunidad y nosocomiales del género *Enterococcus* incluyen infecciones del tracto urinario,

bacteriemia, infecciones intraabdominales y endocarditis. También se aísla frecuentemente en pacientes entubados.<sup>18</sup> Los *Enterococcus* plantean problemas crecientes en medicina (resistencia a antibióticos), ingeniería de alimentos y control del medio ambiente (es un indicador de contaminación fecal en agua y comidas) y en odontología (resistencia a la terapia endodóntica). Es importante integrar los conocimientos médico-odontológicos acerca de estos microorganismos.<sup>18,25</sup>

### **Los enterococos después del inicio del tratamiento**

No hay datos sobre la presencia de *Enterococcus* en conductos después del inicio del tratamiento de dientes con diagnósticos verificados de periodontitis apical primaria. Sin embargo, en 1975, Mejare examinó el estado bacteriológico de 612 conductos al momento de la obturación; de acuerdo al autor, los enterococos son de interés especial en estudios sobre la influencia de la infección al momento de la obturación del conducto en el pronóstico de la terapia endodóntica.<sup>18</sup> Sirén et al., estudiaron la correlación entre varios parámetros clínicos y la presencia de *Enterococcus* en dientes donde el tratamiento fracasó; los resultados mostraron que la prevalencia de aislamientos de *Enterococcus faecalis* en el conducto aumentaba significativamente si el conducto había sido dejado sin sellar entre citas, en particular, cuando fueron

muchas citas. La conclusión obvia de este estudio es que la asepsia comprometida durante el tratamiento endodóntico es un importante factor causal para la contaminación del conducto por *Enterococcus faecalis*.<sup>18</sup>

### **Periodontitis apical postratamiento y retratamiento.**

Se ha establecido claramente que los *Enterococcus* son las bacterias dominantes en dientes retratados con periodontitis apical postratamiento. Contrario a la periodontitis apical primaria, las bacterias anaeróbicas constituyen la minoría de la flora, y son aisladas menos frecuentemente. *Enterococcus faecalis* es la especie más frecuentemente aislada y es usualmente el aislamiento predominante en el conducto.<sup>18</sup>

Peciuline et al. retrataron 40 dientes obturados con periodontitis apical asintomática, detectaron un crecimiento bacteriológico de *Enterococcus faecalis* donde el tamaño de la lesión estuvo correlacionado con los hallazgos microbiológicos. Sin embargo, es evidente que en dientes obturados, la localización de la bacteria en el conducto depende grandemente del espacio disponible, y la obturación puede limitar las posibilidades de la flora infectiva hasta interactuar con los tejidos periapicales a través del foramen apical.<sup>2</sup>



Siquiera y Rocas, analizaron microorganismos asociados con enfermedad postratamiento usando PCR; *Enterococcus faecalis* fue la especie más prevalente y fue detectada en 77% de los dientes. El número promedio de especies en conductos obturados de 0 a 2 mm del ápice radiográfico fue 3.<sup>18</sup> El rol de los *Enterococcus* en las infecciones endodónticas agudas y las exacerbaciones no ha sido muy estudiado. Pinheiro et al, indicaron que es primariamente la bacteria anaeróbica y no *Enterococcus faecalis* u otras especies de *Enterococcus* los que están asociados con síntomas agudos en dientes con enfermedad postratamiento. En un estudio de periodontitis apical primaria usando PCR para identificación bacteriana, Siquiera et al. encontraron *Enterococcus faecalis* más a menudo en dientes libre de síntomas que en dientes con síntomas agudos. Aunque *Enterococcus faecalis* es la especie más dominante en dientes obturados con periodontitis apical que resisten muchos procedimientos, no hay evidencia que sea responsable de infecciones severas agudas.<sup>18</sup>

### **Irrigación con hipoclorito de sodio**

El hipoclorito de sodio es la solución irrigante de mayor uso en endodoncia.<sup>20</sup> El NaOCl se disocia en ión sodio ( $\text{Na}^+$ ) e ión hipoclorito ( $\text{OCl}^-$ ), estableciendo un equilibrio con el ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ). En un rango de pH entre 4 y 7, el cloro

existe predominantemente como ácido hipocloroso, la molécula activa; mientras que en un pH por encima de 9 predomina como ión hipoclorito. El ácido hipocloroso ha sido considerado por mucho tiempo la molécula activa responsable para la inactivación bacteriana mediante agentes liberadores de cloro. El ión hipoclorito tiene un menor efecto en comparación al ácido hipocloroso no disuelto. La actividad del NaOCl es mayor cuando la concentración de HOCl es más alta. Se ha encontrado que el ácido hipocloroso impide la fosforilación oxidativa y otras actividades asociadas a la membrana, además tiene un efecto sensible sobre las síntesis de DNA.<sup>10,20,26</sup> El hipoclorito de sodio se emplea en concentraciones que van desde 0,5% hasta 5,25%. Es un potente agente antimicrobiano, disuelve el remanente pulpar y componentes orgánicos de la dentina; se emplea en soluciones no tamponadas a un pH de 11 en concentraciones de 0,5% a 5,25% y en solución tamponada como solución de Dakin (hipoclorito de sodio a 0,5%, tamponado con bicarbonato a un pH de 9.0).<sup>20,26</sup> NaOCl es mejor conocido por su potente acción antibacteriana y mata rápidamente bacterias aún en bajas concentraciones.<sup>20</sup>

Gomes et al evaluaron *in vitro* el efecto de varias concentraciones de NaOCl contra *Enterococcus faecalis*. La bacteria murió en menos de 30 segundos con una solución de

5,25 %, mientras tomó 10 y 30 minutos la eliminación completa de la bacteria con concentraciones de 2,5% y 0,5%, respectivamente.<sup>27</sup> Vianna et al demostraron que tres microorganismos aislados típicamente de periodontitis apical primaria, *P. gingivalis*, *P. endodontalis* y *P. intermedia*, tuvieron una gran sensibilidad al NaOCl y todas murieron dentro de los 15 segundos en diferentes concentraciones evaluadas (0,5%, 1%, 2,5%, 4% y 5,25%).<sup>28</sup> Pashley et al compararon los efectos biológicos de soluciones concentradas y diluidas de hipoclorito de sodio y demostraron gran citotoxicidad y efectos cáusticos en tejidos sanos con NaOCl al 5,25% que con soluciones de 0,5% y 1%.<sup>29</sup> Además se podría recomendar el uso de soluciones de NaOCl al 0,5% y 1% en vez de una solución al 5,25%.<sup>20</sup>

### **Irrigación con compuestos de yodo**

Los compuestos a base de yodo se han venido usando durante décadas para la desinfección de superficies, piel y campos operatorios, aunque se reconoce su menor reactividad con respecto al cloro. Las soluciones de yodo acuoso son un tanto inestables. El yodo tiene varias presentaciones en solución, siendo el yodo molecular ( $I_2$ ) el responsable de la actividad antimicrobiana. La acción antimicrobiana del yodo es rápida, aún en bajas concentraciones, pero el mecanismo de

acción exacto aún no es completamente conocido. El yodo penetra en los microorganismos y ataca grupos claves de las moléculas de las células, tales como proteínas, nucleótidos y ácidos grasos, resultando la muerte de la célula.<sup>10,20</sup>

### **Yoduro de potasio yodado**

En endodoncia, el yoduro de potasio yodado (IKI) es el componente final de la secuencia de desinfección clásica de la superficie dental. Se requiere de yoduro de potasio para disolver yodo en agua, pero es el yodo el que explica la actividad antimicrobiana de la mezcla. Molander et al. investigaron el efecto pretratamiento del conducto con IKI al 5% antes de la obturación con hidróxido de calcio en dientes con periodontitis apical. Los autores sugirieron que la obturación pretratamiento con IKI desde un punto de vista cuantitativo al parecer no aumentó el poder antimicrobiano, pero podría reducir la frecuencia de cepas persistentes de *Enterococcus faecalis*. Similar a otros irrigantes del conducto con actividad desinfectante, los compuestos de yodo en el conducto enfrentan un entorno químico complejo lo cual puede afectar su potencial antimicrobiano.<sup>20</sup>

El efecto de algunos componentes del conducto sobre el IKI durante el tratamiento, sumado a la dificultad para irrigar efectivamente los segmentos apicales y la inhibición del yodo

por sustancias presentes en el conducto, ayudan a entender el fracaso para desinfectar completamente de manera predecible el conducto mediante los compuestos a base de yodo.<sup>20</sup> La fórmula del Yoduro de Potasio Yodado al 2% es: Yodo: 2g.; Yoduro de potasio: 4g; y, agua destilada: 94ml. Sin embargo, se han seguido realizando diferentes estudios para evaluar el impacto antibacteriano que pueda tener el IKI para promover la desinfección del sistema de conductos, muchos de estos estudios *in vitro* han empleado cepas y cultivos puros bacterianos de *Enterococcus faecalis*.<sup>4</sup> Spanberg encontró que el IKI al 2% tuvo igual y potentes efectos antibacterianos que el paramonoclorofenol alcanforado, pero éste fue más tóxico que el IKI al 2% aún cuando se empleó a una concentración 80 veces menor.<sup>30</sup> Hancock et al sugirieron que el IKI, un irrigante con una baja toxicidad tisular demostrada, podría ser usado como un irrigante desde que el IKI “parece ser más potente que el hipoclorito de sodio o la clorhexidina en la eliminación de *Enterococcus faecalis*”.<sup>31</sup> Orstavik y Haapasalo reportaron que el IKI fue capaz de penetrar los túbulos dentinarios para eliminar *Streptococcus sanguis* en una profundidad mayor que 1000 micras en 5 minutos.<sup>32</sup>

Peciulienė et al investigaron la capacidad de la preparación quimiomecánica de una sola cita seguida de una irrigación de 5 minutos con IKI para eliminar levaduras, bacilos

entéricos gramnegativos y especies de *Enterococcus* de conductos de dientes previamente obturados con periodontitis apical crónica. La muestra microbiana inicial mostró crecimiento de 82,5% de los dientes, con *E. faecalis* presente en 64% de los dientes con cultivo positivo, solo una muestra (2,5%) dio crecimiento después de un lavado final con IKI.<sup>2</sup>

Baker et al concluyeron que el IKI tiene una alta probabilidad de eliminar *E. faecalis* cuando el tiempo de contacto es tan corto como a los 15 minutos, el cual corresponde al tiempo de contacto clínico de un irrigante endodóntico. Además indican que la extrapolación de estos resultados a una situación clínica debe ser vigilado debido a la presencia de barro dentinario, dentina esclerótica y otros factores presentes en una situación *in vivo*, sugiriendo mayores investigaciones para explorar el potencial del IKI para esterilizar el sistema de conductos cuando es empleado como un irrigante endodóntico.<sup>4</sup>

Kvist et al concluyeron que con una meticulosa instrumentación del sistema de conductos radiculares, el tratamiento antimicrobiano de una sola cita con aplicación durante 5 minutos de IKI al 5%, podría ser tan efectivo como el procedimiento de dos citas usando hidróxido de calcio.<sup>5</sup>

## Principios para la preparación de la cavidad radicular

La preparación de la cavidad radicular tiene por objetivos la debridación y la conformación del conducto radicular para alojar un tipo específico de obturación, con el propósito final de crear un medio en el que el sistema inmune sea capaz de producir una cicatrización en el aparato de inserción periodontal apical. Los principios de la preparación del conducto radicular están basados en los principios de la preparación de la cavidad enunciados por Black.<sup>33</sup>

Entre los principios de la preparación del conducto radicular tenemos:

- (i) **Forma de diseño y limpieza de la cavidad:** la limpieza y la irrigación aseguran el debridamiento minucioso, pero pueden quedar algunos restos microscópicos. El éxito dependerá de que no queden bacterias viables que tengan una fuente de sustrato para sobrevivir.<sup>33</sup>
- (ii) **Forma de retención:** se da en los 2 a 3 mm apicales a través del paralelismo de las paredes para el ajuste del primer cono de gutapercha. Esta porción es decisiva para el sellado de posible filtración hacia el conducto, porque en esta región suelen haber conductos accesorios o laterales.<sup>33</sup>

(iii) **Forma de resistencia:** el objetivo primario de este principio es la resistencia a la sobreobturación. La conservación de la integridad de la constricción natural del agujero apical también es la clave del éxito en la terapéutica.<sup>33</sup>

(iv) **Establecimiento de la permeabilidad apical:** es la limpieza, no conformación, con instrumentos finos (limas números 10 o 15) de la porción remanente del conducto que no ha sido limpiado apropiadamente que puede contener residuos y bacterias. No es un alargamiento excesivo que destruya el agujero apical.<sup>33</sup>

(v) **Extensión de la prevención,** en longitud y ancho para asegurar la prevención de problemas futuros. El agrandamiento periférico del conducto para eliminar todos los residuos, seguido de la obturación total, es el método preventivo primario.<sup>33</sup>

### **Ventajas de la técnica corono apical**

- Acceso más recto hacia la porción apical del conducto, disminuyendo la curvatura inicial y el ángulo de entrada de los instrumentos. Todo ello evitará el trabado de los instrumentos coronalmente y permitirá un mejor control de los mismos.



- Eliminación de constricciones dentinarias a nivel cervical, permitiendo con ello un acceso recto a los tercios medio y apical del conducto para la preparación del tercio apical.
- Menor riesgo de transportación apical.
- Menor probabilidad de variación de la longitud de trabajo por eliminar la curvatura de entrada antes de realizar la toma radiográfica.
- Disminución de la presión hidrostática que los instrumentos producen apicalmente en el conducto.
- Reduce la extrusión de detritus a través del foramen apical.
- Mejor acceso para la irrigación, sobretudo en la zona apical.
- Mejora la acción de las limas sónicas y ultrasónicas por poderse mover con mayor facilidad dentro del conducto.
- Mejor adaptación del cono principal.
- Mejora la introducción del espaciador y el proceso de obturación independientemente de la técnica utilizada.
- Facilidad en la preparación de espacio para retención intrarradicular.
- Reduce la fractura de instrumentos manuales.
- Menor tiempo de preparación biomecánica, disminuyendo por ello la fatiga del profesional.

### **Desventajas de la técnica corono apical**

- Potencial debilitamiento excesivo de las paredes del conducto y aumento del riesgo de fractura radicular por el uso de fresas.
- El uso de fresas de gran tamaño profundamente en conductos curvos, puede producir perforaciones en la cara interna de la curvatura.
- Mayor tendencia a la fractura de los instrumentos rotatorios.

Por otro lado, con los instrumentos manuales es difícil obtener una conicidad progresiva aunque se realice una preparación con step-back. Los instrumentos de acero inoxidable no son muy flexibles y pueden producir escalones, transporte del foramen apical y perforaciones, sobretodo en conductos curvos.

Por ello, fueron introducidos los instrumentos de Ni-Ti. Este material en un instrumento rotatorio se mantiene centrado en el conducto. Por sus características físicas de elasticidad se puede fabricar en conicidades aumentadas, favoreciendo la preparación del conducto con una conicidad aumentada progresivamente, simplificación de la técnica y disminución del tiempo de trabajo.<sup>33</sup>

## **Descripción y guía de uso del sistema Protaper® de Maillefer.**

Las limas Protaper® pertenecen al grupo de instrumentación mecánica y siguen la técnica crown-down para la preparación del conducto.

### **Los instrumentos.**

Según los creadores de este sistema, las limas giratorias de níquel - titanio simplifican sustancialmente la preparación del conducto radicular, sobre todo en conductos curvos y restringidos.

Este sistema consta de tres limas de “conformación” y tres de “terminación”, fue desarrollado de manera conjunta por los doctores Clifford Ruddle, Jhon West, Pierres Mactou y Ben Jonson, y fueron diseñadas por Francois Aeby y Gilbert Rota de Dentsply Maillefer en Suiza.<sup>33,34</sup> Este sistema consta de 6 limas:

- 3 limas de CONFORMACIÓN: SX, S1, S2 con diámetros en la punta D<sub>o</sub> de 19, 17 y 20 milímetros respectivamente. Diseñadas para la preparación del tercio coronal y medio. S1: anillo morado ISO 17; S2: anillo blanco ISO 20; y, SX: sin anillo ISO 19.<sup>33,34</sup>

- 3 limas de ACABADO: F1, F2, F3 con diámetros en la punta de 0.20, 0.25 y 0.30 respectivamente. Diseñados para la preparación del tercio apical. F1: anillo amarillo ISO 20; F2: anillo rojo ISO 25; y, F3: anillo azul ISO 30.<sup>33,34</sup>

La sección triangular minimiza la zona de contacto entre los ángulos de las estrías y la dentina, reduciendo la fuerza de torsión, la fatiga de la lima y el riesgo de fractura. La característica distintiva del sistema es la conicidad progresiva de los instrumentos, dando una “preparación progresiva” en dirección vertical y horizontal.<sup>33,34</sup>

#### **Características de las limas del sistema Protaper:**

- Instrumentos de Níquel-Titanio.
- Conicidad múltiple progresiva: ahusamiento progresivamente variable.
- Requieren menos instrumentos para conseguir la adecuada conicidad de la preparación.
- Mango corto de 13mm, que facilita el acceso en sector posterior o limitaciones de apertura.
- Apoyos radiales cortantes que dará mayor capacidad de corte al instrumento.
- Punta parcialmente activa y no agresiva.

- Sección triangular convexa (120°).
- Ángulo de ataque negativo (permite raspado de las paredes).

#### **Condiciones de uso:**

- Velocidad controlada de 200 a 300 rpm.
- Presión apical ligera.
- No se debe avanzar más de 2 mm ante una resistencia.
- Movimiento continuo y constante de introducción: movimiento de vaivén.
- Comprobar que las estrías de las limas estén libres de restos.
- Control del número de usos en sistema de conductos (marcar el vástago).
- Empleo de irrigantes de manera constante y abundante entre limas.
- Establecer y mantener la permeabilidad apical (patencia del conducto).

#### **Secuencia de uso:**

- **Acceso.** El acceso debe permitir la entrada y salida de los instrumentos sin obstrucciones. La preparación de los conductos se iniciará siempre después de conseguir

un acceso directo a los orificios. En calcificaciones se pueden usar los equipos de ultrasonido y magnificación para su localización. Luego se usan las fresas Gates - Glidden 1-2, consiguiendo un espacio suficiente para el paso de las limas manuales con cierta facilidad. Se considera que la cavidad de acceso está terminada cuando las paredes son suaves y permite una continuidad entre la apertura y la entrada ensanchada de los conductos en línea recta. Las fresas Gates-Glidden se pueden usar después de explorar el conducto con las limas K manuales.<sup>33,34,35</sup>

- **Preparación de los dos tercios coronarios.** Se llena el conducto con irrigante o lubricante y se realiza un trayecto de deslizamiento con las limas K 10-15 para explorar esta porción del conducto, midiéndolas y precurvándolas si se observa necesidad de ello en las radiografías preoperatorios. Estas limas nos darán información acerca del diámetro, acceso coronoradicular y anatomía interna del conducto. Estas limas se introducen pasivamente en el conducto con movimientos de “cuerda de reloj” ( $\frac{1}{4}$  de vuelta hacia la izquierda y  $\frac{1}{4}$  de vuelta hacia la derecha) hasta notar resistencia. Este paso se realiza con la finalidad de verificar o crear un camino en estos dos tercios

coronarios para el uso a posteriori de limas Protaper hasta llegar a 2-3mm de ápice. En todo momento se debe irrigar el conducto con hipoclorito de sodio. Luego se comienza la conformación con la lima Shaper S-1 de 0.17 a 300 rpm, sin sobrepasar  $\frac{3}{4}$  de la longitud estimada.

Se irriga y se recapitula con la lima 10 para mantener permeable la longitud de trabajo. Luego se usa la lima SX de 0.19 para mejorar el acceso. Esta lima solo trabaja en el tercio medio de la parte activa donde los diámetros son: D6: 0.50mm; D7: 0.70mm; D8: 0.90mm y D9: 1.10mm. La lima Shaper S-X “cepilla” las paredes del conducto hasta conseguir la conicidad deseada. Se introduce hasta notar cierta resistencia, se retira de 1-2mm para que la punta quede libre y se acciona la rotación llevando la lima de apical a coronal.

Luego se repite este paso hasta que los  $\frac{2}{3}$  apicales de su parte activa queden por debajo del orificio de entrada. Esta lima corta mucho, por lo que produce abundante barillo dentinario, de ahí la importancia de la irrigación y permeabilización para que no se bloquee el conducto. Luego se determina de nuevo la longitud de trabajo del conducto con una lima K

# 15, localizador de ápice o radiografía (al ensanchar la parte coronal del conducto la longitud puede variar). Finalizado este paso se comprueba que la lima K N° 10 entre de forma más recta en el conducto<sup>33,34,35</sup>

- **Preparación apical.** Después de conseguir un acceso recto a la porción apical del conducto se usa la S1 con la longitud de trabajo (LT). Se irriga y se recapitula. Luego se utiliza la lima conformadora S2 también llegando también hasta la longitud de trabajo. Estas dos limas (S1 y S2) se llevan a la LT solo una vez y manteniéndolas no más de 1seg. Después de usar la lima S2 se vuelve a irrigar, recapitular, permeabilizar e irrigar.

Luego se realiza la preparación apical con las limas Finishing. Se introduce la F1 hasta la LT y luego se calibra el diámetro apical con limas K manual número 20. Si el calibre del conducto es mayor se continúa con la F2 y la F3 en caso necesario. Después de cada lima se calibra el conducto con limas K manuales correspondientes a cada lima F (F1: 25, y F2 : 30).<sup>33,34,35</sup>



## Identificación del problema

Las bacterias juegan un rol esencial en el inicio, progresión y persistencia de las enfermedades endodónticas. Además, el objetivo del tratamiento endodóntico es la eliminación total de la infección y prevención de la reinfección. La preparación quimiomecánica del sistema de conductos radiculares es un requisito indispensable porque promueve su desinfección y la reparación de los tejidos perirradiculares, por ello es necesario el uso de soluciones como el hipoclorito de sodio.

Sin embargo, hay microorganismos resistentes con una gran capacidad de adaptación a condiciones desfavorables, como el *Enterococcus faecalis*, que ha sido encontrado en enfermedades endodónticas persistentes a pesar de la instrumentación y la irrigación.

La permanencia de los microorganismos conlleva a problemas en el tratamiento y a la persistencia de la enfermedad, requiriéndose buscar alternativas de soluciones irrigantes como el yoduro de potasio yodado, para comprobar su efecto coadyuvante o potenciador de la acción desinfectante.

## Planteamiento del problema

¿Cuál es el efecto *in vitro* del yoduro de potasio yodado al 2% posterior a la preparación quimiomecánica en conductos radiculares infectados con *Enterococcus faecalis*?

## Justificación del estudio

Es necesario evaluar la capacidad antibacteriana de los irrigantes frente a los microorganismos patógenos endodónticos, ya que la eliminación de los mismos en el sistema de conductos radiculares es esencial para el éxito del tratamiento. La preparación mecánica como método primario para el debridamiento del conducto radicular requiere de un elemento auxiliar decisivo como es la irrigación. El irrigante puede tener un efecto de lavado mecánico, además de actuar como un agente bactericida, solvente de tejidos y lubricante. Los irrigantes también se pueden combinar o asociar con el fin de potenciar su efecto bactericida para la eliminación de los patógenos endodónticos.<sup>5</sup>

Las soluciones a base de yodo se han venido empleando por décadas para la desinfección de superficies, piel y campos operatorios por poseer una rápida acción bactericida, fungicida, tuberculicida, virucida y esporocida, siendo el yodo molecular (I<sub>2</sub>) responsable de la actividad antimicrobiana. El empleo de soluciones a base de yodo, como el yoduro de potasio yodado

(IKI), en el campo de la endodoncia ha sido investigado para evaluar su eficacia antimicrobiana.<sup>5,20</sup> Comúnmente fue usado como una medicación entre citas, pero el IKI se inactiva rápidamente por la presencia de material orgánico remanente en el conducto y su actividad antimicrobiana sólo puede persistir entre uno a tres días. Por ello, el IKI usado como medicación entre citas puede multiplicar los microorganismos residuales o reinfectar el conducto. Diversos estudios han sugerido el uso del IKI como irrigante o medicación en una misma cita de corta duración. Por tanto, es importante evaluar este irrigante del sistema de conductos como coadyuvante en la eliminación de microorganismos patógenos endodónticos, ya que se ha demostrado que la preparación biomecánica falla en la limpieza de los conductos radiculares.<sup>5</sup>

El presente trabajo empleará un modelo *in vitro* en dientes con una técnica de instrumentación estandarizada empleando un compuesto a base de yodo como es el yoduro de potasio yodado al 2%.

## **Objetivos de la investigación**

### **2.6.1 Objetivo general:**

Determinar el efecto *in vitro* del yoduro de potasio yodado al 2% posterior a la preparación quimiomecánica en conductos radiculares infectados con *Enterococcus faecalis*.

### **2.6.2 Objetivos específicos:**

**2.6.2.1** Semicuantificar las UFC de *E. faecalis* previo a la preparación quimiomecánica de conductos radiculares infectados *in vitro*.

**2.6.2.2** Semicuantificar las UFC de *E. faecalis* posterior a la preparación quimiomecánica de conductos radiculares infectados *in vitro*.

**2.6.2.3** Semicuantificar las UFC de *E. faecalis* posterior a la preparación quimiomecánica de conductos radiculares infectados *in vitro* después de 5 minutos de irrigación empleando yoduro de potasio yodado al 2%.

**2.6.2.4** Semicuantificar las UFC de *E. faecalis* posterior a la preparación quimiomecánica de conductos radiculares infectados *in vitro* después de 15 minutos de irrigación empleando yoduro de potasio yodado al 2%.

**2.6.2.5** Comparar la semicuantificación de UFC de *E. faecalis* posterior a la preparación quimiomecánica de conductos radiculares infectados *in vitro* según los tiempos de evaluación empleados.

## 2.7 Definición de términos

**2.7.1 Conducto radicular infectado:** conducto radicular que ha sido inoculado con *E. faecalis* en condiciones de laboratorio.

**2.7.2 *Enterococcus faecalis*:** cepa ATCC (American Type Culture Collection) 29212 del género *Enterococcus*.

**2.7.3 Preparación biomecánica:** Efecto de instrumentación mediante limas manuales o rotatorias dentro del conducto.

**2.7.4 Preparación quimiomecánica:** acción mecánica de instrumentos y efecto de la solución del NaOCl al 1% sobre las paredes del conducto radicular que permiten su conformación y desinfección, respetando principios biológicos.

**2.7.5 Semicuantificación:** recuento de UFC por placa en agar bilis esculina según escala de equivalencia:  $1 - 10 \text{ UFC/Placa} = 1+$ ;  $11 - 10^2 \text{ UFC/Placa} = 2+$ ;  $101 - 10^3 \text{ UFC/Placa} = 3+$ ;  $1001-10^4 \text{ UFC/Placa} = 4+$ ; y  $> 10^4 \text{ UFC/Placa} = 5+$ .

**2.7.6 Unidad formadora de colonia (UFC):** célula viable y aislada que se encuentra en un sustrato bajo condiciones ambientales adecuadas y produce una colonia en un lapso de tiempo.

## 2.8 Hipótesis

La aplicación del yoduro de potasio yodado al 2% en conductos radiculares infectados disminuye significativamente el número de unidades formadoras de colonias de *Enterococcus faecalis*.

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### Tipo de estudio.

El tipo de investigación es **experimental *in vitro*, prospectivo y comparativo.**<sup>36,37</sup>

- **Experimental:** porque se manipularon y se reprodujeron artificialmente las variables dividiéndolos en grupo control y experimental.
- **Prospectivo:** porque está orientada a obtener información en el tiempo a partir de la aplicación del estímulo.
- **Comparativo:** porque se establecieron semejanzas y diferencias a través de los resultados.

## **Población y muestra**

### **Población**

Primeras molares inferiores permanentes extraídas de humanos.

### **Muestra**

En este estudio se utilizaron 72 primeras molares inferiores permanentes de humanos con dos conductos principales mesiales: un conducto mesiovestibular y un conducto mesiolingual.

### **Unidad de análisis**

Unidades formadoras de colonias (UFC) en placas Petri sembradas en agar bilis esculina de muestras provenientes de conductos radiculares mesiales de primeras molares inferiores preparados de acuerdo a procedimientos y técnicas descritas, que han sido previamente contaminadas con cepas ATCC 29212 de *Enterococcus faecalis* en medio de cultivo Infusión Cerebro - Corazón (BHI).

## **Selección de la muestra**

Para el desarrollo de este estudio se eligieron piezas dentarias por conveniencia cumpliendo criterios de inclusión.

## **Criterios de inclusión**

- Raíz mesial de primeras molares inferiores permanentes sin tratamiento de conducto previo.
- Evidencia radiográfica de dos conductos.
- Completa formación del ápice radicular y del foramen apical.



## Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN		INDICADOR	ESCALA
Yoduro de potasio yodado al 2%	Conducto radicular previo a la preparación quimiomecánica sin IKI al 2%		Semicuantificación de unidades formadoras de colonias por placa	<b>0</b> : 0            UFC/placa <b>1+</b> : 1 - 10    UFC/placa <b>2+</b> : 11 - 100   UFC/placa <b>3+</b> : 101 - 1000 UFC/placa <b>4+</b> : 1001 - 10000 UFC/placa <b>5+</b> : > 10 000   UFC/placa
	Conducto radicular posterior a la preparación quimiomecánica con IKI al 2%	5 minutos	Semicuantificación de unidades formadoras de colonias por placa	<b>0</b> : 0            UFC/placa <b>1+</b> : 1 - 10    UFC/placa <b>2+</b> : 11 - 100   UFC/placa <b>3+</b> : 101 - 1000 UFC/placa <b>4+</b> : 1001 - 10000 UFC/placa <b>5+</b> : > 10 000   UFC/placa
		15 minutos		
<i>Enterococcus faecalis</i>	Microorganismo asociado a enfermedad endodóntica persistente que desarrolla en el agar bilis esculina		Variación de UFC de cepas ATCC 29212	<b>0</b> : 0            UFC/placa <b>1+</b> : 1 - 10    UFC/placa <b>2+</b> : 11 - 100   UFC/placa <b>3+</b> : 101 - 1000 UFC/placa <b>4+</b> : 1001 - 10000 UFC/placa <b>5+</b> : > 10 000   UFC/placa

## **Materiales y métodos**

### **3.4.1 Recursos humanos**

Un operador entrenado mediante pruebas piloto para realizar la toma de muestra, procedimientos y evaluación microbiológica de acuerdo a los parámetros establecidos en este trabajo; además se contó con asesoramiento profesional y apoyo de personal técnico calificado. La ejecución del presente trabajo estuvo bajo monitoreo, asesoramiento y constante supervisión de la asesora de tesis.

### **3.4.2 Recursos materiales (Fig. 1 y fig. 2)**

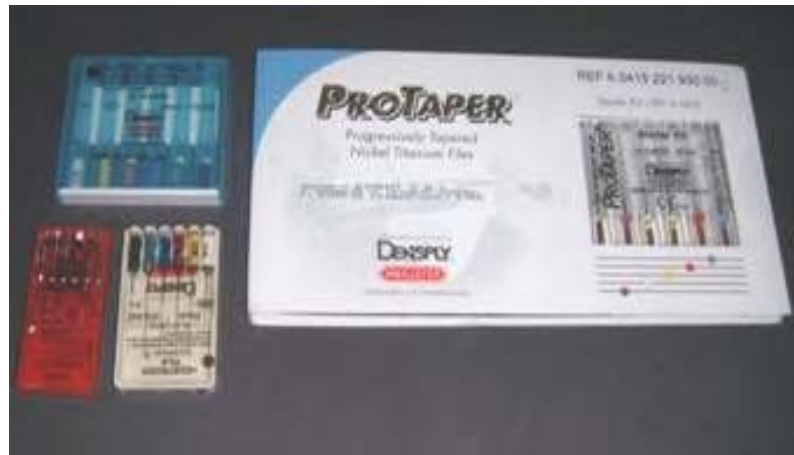
- Ficha de evaluación, registro de datos y artículos de oficina (lapiceros, plumón marcador, corrector líquido, etc.).
- Equipos, materiales e instrumental para la preparación preoperatoria de los especímenes:
  - 02 riñoneras metálicas de acero inoxidable.
  - Guantes quirúrgicos estériles # 7.
  - Mascarilla.
  - Frasco de vidrio 100ml Simax.
  - Solución salina de suero fisiológico 9 ‰ .
  - Hipoclorito de sodio al 0.5%.

- Pieza de mano de alta velocidad (150 000 rpm) Dabi Atlante Silento MRS 400.
  - Fresa quirúrgica Bone cutter REF E 0541 FG 26mm Dentsply Maillefer.
  - 01 cureta para dentina.
  - 01 explorador dental biactivo.
  - Limas de acero: *C+ FILE* ss 06, 08 y 10. 21 mm.
  - Equipos, materiales e instrumental para registro radiográfico y fotográfico:
  - Equipo radiográfico dental.
  - 01 paquete de películas radiográficas.
  - Sistema de revelado radiográfico: Caja reveladora, revelador y fijador.
  - Negatoscopio.
  - Cámara fotográfica digital.
- 
- Equipos, materiales e instrumental para preparación quimiomecánica de los conductos radiculares:
- Motor para instrumentación rotatoria X-smart Dentsply Maillefer.
  - Limas de níquel titanio Nitiflex primera serie.
  - Limas rotatorias sistema Protaper®.
  - Hipoclorito de sodio al 1%.

- Equipos, materiales e instrumental para procesamiento de las muestras en el laboratorio de microbiología:
  - Autoclave.
  - Incubadora.
  - Caldo Infusión Cerebro corazón (BHI).
  - Medio de cultivo sólido Agar Bilis Esculina.
  - Caldo tioglicolato.
  - Frascos de vidrio de 100ml.
  - Tubos de ensayo.
  - Placas Petri.
  - Mechero.
  - Asa de siembra.
  - Porta asa de siembra.
  - Espátula de Digrafsky (Asa de siembra de vidrio).
  - Ron de quemar.
  - Cepas ATCC 29212 de *Enterococcus faecalis*.
  - Balón de 250ml.
  - Láminas portaobjetos.
  - Batería para coloración Gram.
  - Microscopio óptico.

### 3.4.3 Infraestructura

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.



**Figura 1.** Limas rotatorias de níquel titanio.



**Figura 2.** Mesa de trabajo

### **3.4.4 Procedimientos y técnicas**

#### **3.4.4.1 Preparación de las piezas dentales.**

Se recolectaron primeras molares inferiores de humanos de clínicas odontológicas privadas y del Servicio de Cirugía de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Las muestras se mantuvieron en hipoclorito de sodio al 0,5% durante 24 horas y luego en solución salina estéril hasta el momento de la ejecución del presente trabajo (Fig. 3).

Se realizó la apertura cameral a través de la superficie oclusal con una fresa diamantada redonda de 2 mm de diámetro, luego se seccionó la corona con un corte transversal a nivel del techo de la cámara pulpar (próximo a la unión cemento esmalte) con una fresa para hueso E 541 ISO 408 297 Dentsply Maillefer hasta obtener segmentos o bloques radiculares de 13 – 15 mm de longitud.

Se tomaron radiografías con técnica paralela de los dientes conteniendo una lima tipo K N° 15 con una dirección de los rayos desde mesial a distal con el objetivo de descartar obstrucciones del conducto radicular y complicaciones anatómicas. Se permeabilizaron los conductos empleando limas tipo K Dentsply Maillefer en el

siguiente orden: 10, 15 y 20 y recapitulando la secuencia de limas hasta la patentización completa del conducto. Se irrigó con suero fisiológico estéril al 9‰ y con ácido etilendiaminotetraacético al 17% (EDTA), luego se lavó profusamente con suero fisiológico. Se selló el foramen apical con resina epóxica para evitar la contaminación del conducto a partir del cemento radicular apical.

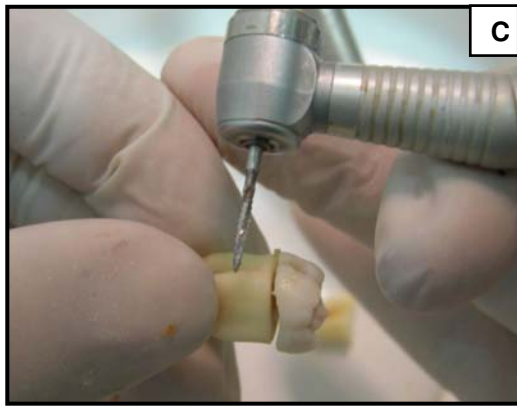
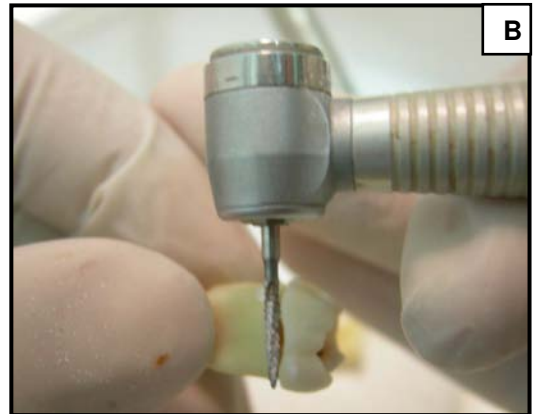
Los especímenes fueron colocados en un recipiente con solución salina a una temperatura de 10 °C para evitar la deshidratación (Fig. 4, 5 y 6).

Las muestras fueron sometidas a un proceso de esterilización por calor húmedo en autoclave a una temperatura de 121 °C, 1 atmósfera durante 20 minutos, sumergidas en 70 mL de caldo infusión cerebro Corazón (BHI), contenidas en un recipiente de vidrio. Después de este procedimiento se controló la esterilidad de la muestra en la incubadora a 37 °C durante 24 horas (Fig. 7).



**Figura 3.** *Recolección y desinfección de las muestras para la preparación de los especímenes.*





**Figura 4.** *Apertura y sección coronal de las muestras.*



**Figura 5.** Radiografías para verificar presencia de conductos mesiales.



**Figura 6.** *Especímenes preparados.*

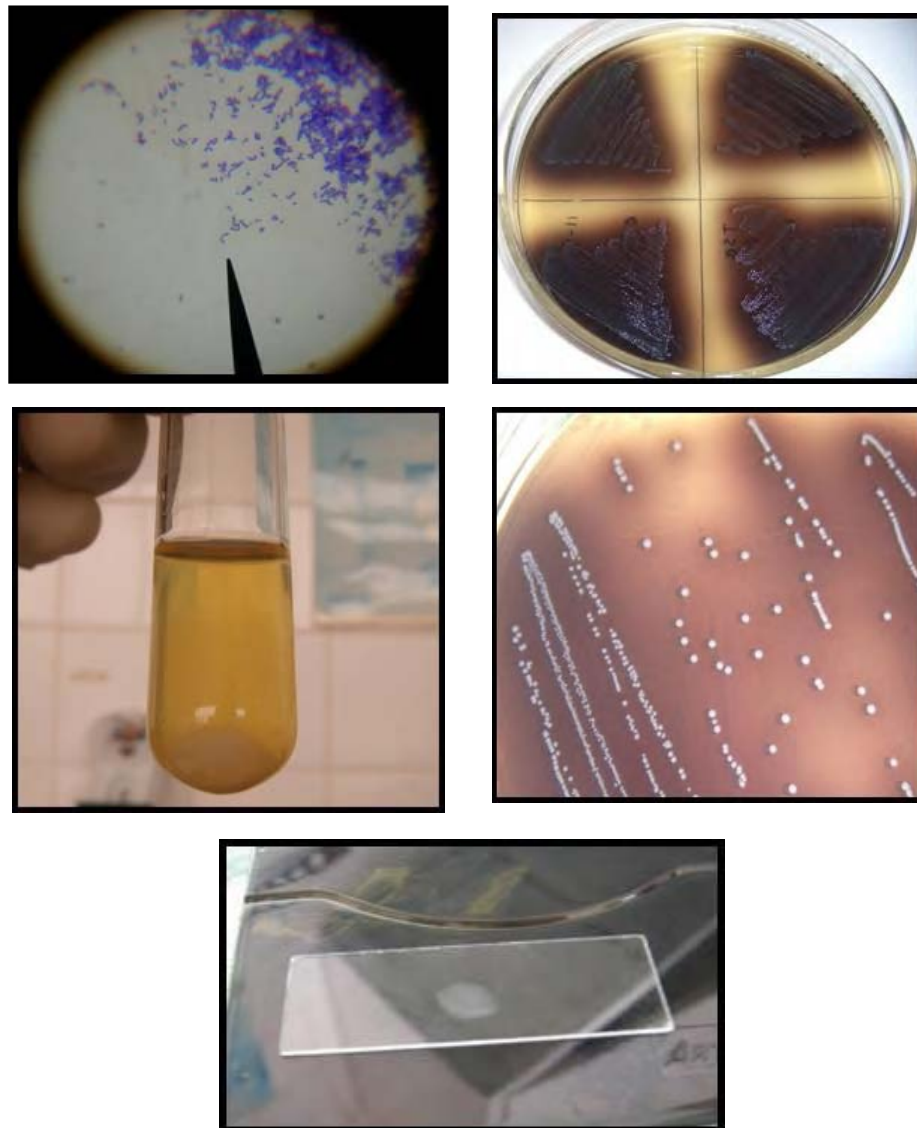
#### 3.4.4.2 Preparación para la infección de los conductos

Se empleó la cepa ATCC 29212 de *E. faecalis* y se verificó mediante coloración Gram, prueba bioquímica de catalasa y degradación de la esculina, para lo cual se sembró la cepa en una placa con agar bilis esculina y se observó un cambio de color del medio a marrón oscuro como consecuencia de formación de sales de hierro (Fig. 8). Se inoculó la cepa en infusión cerebro corazón (BHI) y se incubó a 37 °C por 30 días, renovando los nutrientes periódicamente. Se distribuyó aleatoriamente cuatro grupos de 18 dientes y se tomó una muestra preoperatoria de los conductos radiculares para semicuantificar las UFC iniciales en placas con agar bilis esculina. Los grupos fueron sometidos a instrumentación quimiomecánica usando un micromotor endodóntico X-Smart™ Dentsply Maillefer, a una velocidad de 250 rpm y torque de 2 Nxcn mediante instrumentación rotatoria. Se utilizó el sistema Protaper® (Fig. 9), limas S1 y Sx hasta dos tercios del conducto; la longitud de trabajo (LT) fue establecida mediante medida real del conducto hasta llegar al foramen apical y se retrocedió 1 mm en sentido coronal. Obtenida la LT se emplearon las limas S1, S2 y F1, las limas manuales K-Nitiflex # 25 y # 30, F2 y se conformó el tercio apical con la lima manual Nitiflex Tipo K Dentsply Maillefer N° 35. La irrigación fue constante con 2 mL de NaOCl al 1% por cada lima utilizada (Fig. 10).



**Figura 7.** Esterilización de la muestras en Infusión Cerebro Corazón y control de esterilización a 37 °C durante 24 horas.





**Figura 8.** Confirmación de la cepa mediante coloración Gram, hidrólisis de la esculina en agar bilis esculina y prueba bioquímica de catalasa.

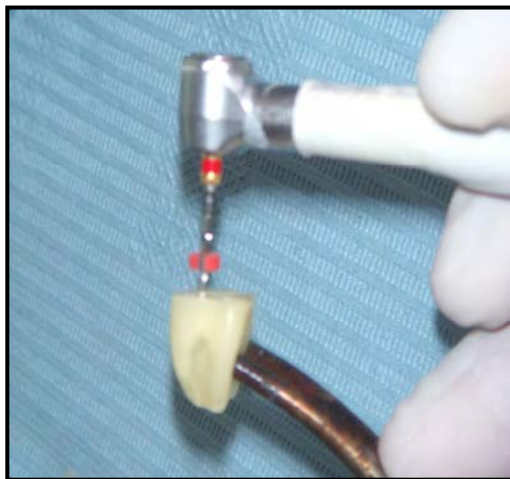


**Figura 9.** Set de limas manuales y rotatorias para instrumentación de conductos radiculares.

Los especímenes sometidos al tratamiento quimiomecánico fueron divididos de manera aleatoria en cuatro grupos de 18 unidades cada uno:

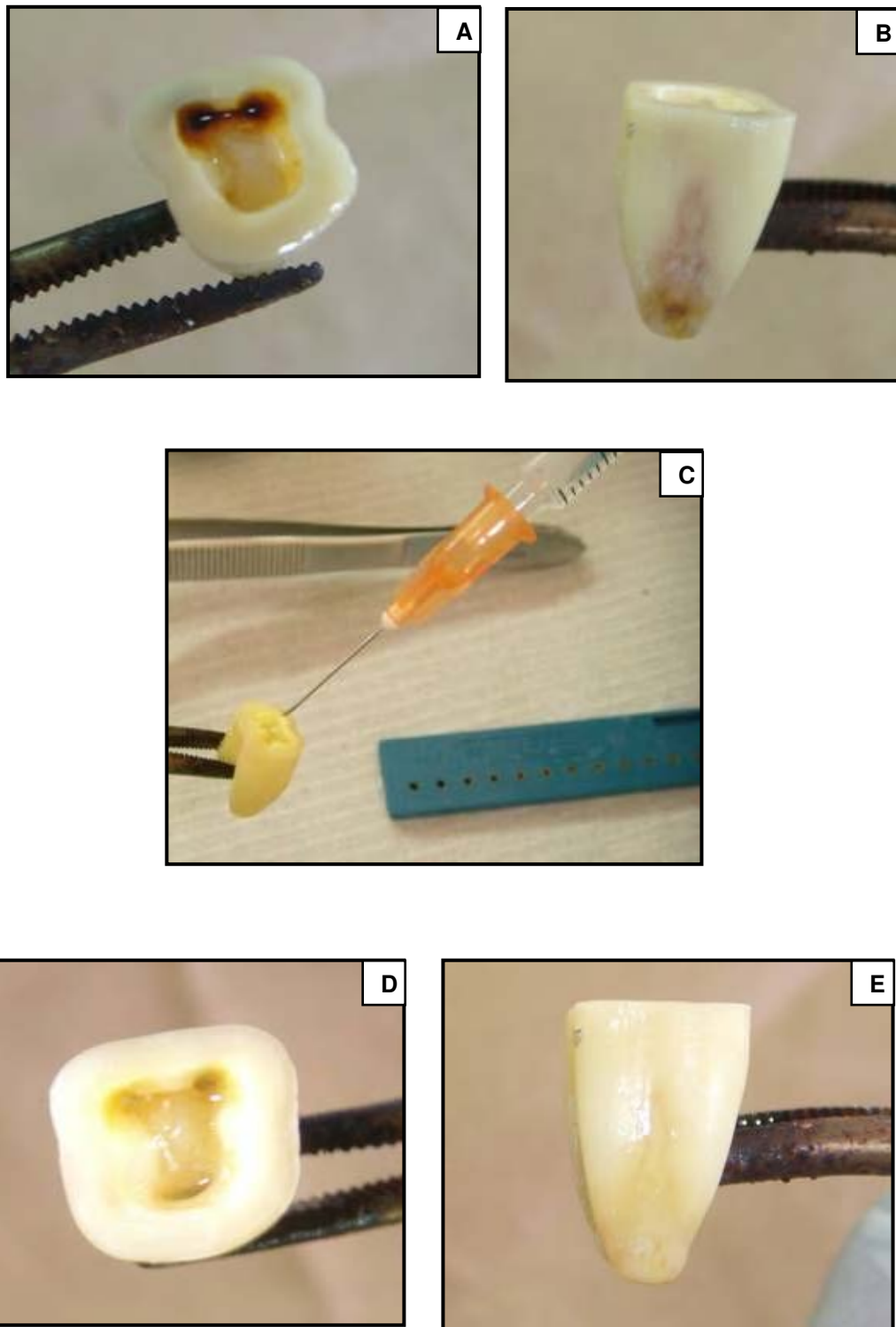
- **Grupo 0:** 18 especímenes instrumentados e irrigados con agua destilada estéril, sin aplicación de IKI al 2%.
- **Grupo 1:** 18 especímenes instrumentados e irrigados con hipoclorito de sodio al 1%, sin aplicación de IKI al 2%.
- **Grupo 2:** 18 especímenes sometidos a instrumentación quimiomecánica y aplicación de IKI al 2% durante 5 minutos.
- **Grupo 3:** 18 especímenes sometidos a instrumentación quimiomecánica y aplicación de IKI al 2% durante 15 minutos.

En los grupos 2 y 3 después del proceso de instrumentación, los conductos fueron irrigados con la solución a evaluar (IKI al 2%) empleando una aguja 0,30 mm. a través de la luz del conducto radicular en los tiempos establecidos y se lavaron con agua destilada estéril; los restos de solución desinfectante fueron inactivados durante 5 minutos con una solución de tiosulfato de sodio al 5%. A continuación el conducto se llenó con agua destilada y mediante una lima Hedstrom # 25 Dentsply Maillefer se instrumentaron los tercios apicales de los conductos hasta formar limallas de dentina en suspensión (Fig. 11).



**Figura 10.** *Motor y sistema de instrumentación.*





**Figura 11.** Aplicación del IKI al 2% en conductos mesiales (A y B). Inactivación con tiosulfato de sodio al 5% durante 5 minutos. Advértase el cambio de coloración (C,D y E).

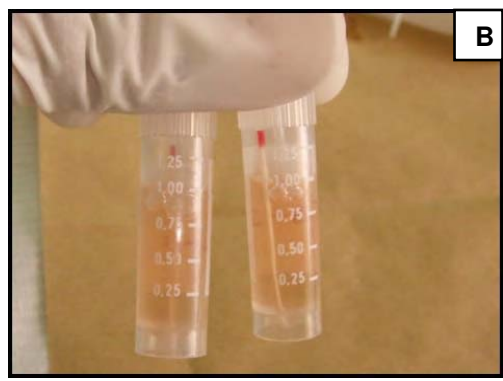
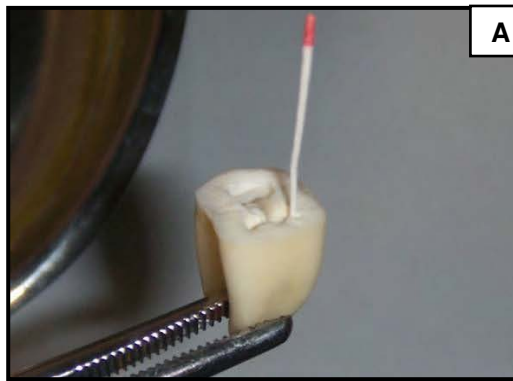
#### 3.4.4.3 Toma de muestras para el cultivo y siembra en agar bilis esculina.

Se tomó una muestra con punta de papel estéril de la zona apical y se colocó en un criovial con 1 mL de caldo tioglicolato. Este medio de cultivo líquido fue homogenizado y luego se sembró 100 uL de la solución en agar bilis esculina con una técnica de siembra por diseminación con un espátula de Digrafsky y se incubó a 37 °C x 24 horas (Fig. 12). Finalmente se realizó el recuento del número de unidades formadoras de colonias por placa y se compararon los resultados de acuerdo al siguiente rango establecido.<sup>8</sup>

- **0** (Nulo) : 0
- **1+** (Muy escaso) : 1 – 10 UFC/placa
- **2+** (Escaso) : 11 - 10<sup>2</sup> UFC/placa
- **3+** (Moderado) : 101 – 10<sup>3</sup> UFC/placa
- **4+** (Abundante) : 1001 – 10<sup>4</sup> UFC/placa
- **5+** (Muy Abundante) : > 10<sup>4</sup> UFC/placa

#### 3.4.5 Recolección de datos

Transcurrido el tiempo de incubación se hizo la lectura de las placas. Los resultados fueron registrados en una base de datos para el posterior análisis estadístico, según prueba estadística de Kruskal Wallis para comparación entre grupos. Graphpad software versión 2.0.<sup>36,37</sup>



**Figura 12.** Toma de muestra (A). Homogenización en tioglicolato (B). Extracción de 100 microlitros con micropipeta (C). Depósito y siembra por diseminación con espátula de Digralsky (D, E).

#### IV. RESULTADOS

##### **Grupo 0: Testigo. Preparación biomecánica e irrigación con agua destilada estéril**

Después de la toma de muestra preoperatoria y postoperatoria se obtuvieron los siguientes resultados: El rango de crecimiento de la muestra preoperatoria fue superior a 10 000 UFC por placa correspondiendo 5 cruces de acuerdo a la escala de semicuantificación (5+), asignándole la categoría MUY ABUNDANTE. Este resultado se obtuvo en las muestras preoperatorias de los cuatro grupos de estudio. Luego de la instrumentación e irrigación con agua destilada estéril se realizó la toma de muestra postoperatoria, donde se observaron los siguientes resultados (cuadro 1): en 15 muestras se obtuvo crecimiento de UFC con una semicuantificación de 3+ y en las tres muestras restantes se obtuvo una semicuantificación 2+. (Fig. 13 y fig. 14)

Número de muestra	TESTIGO	
	Grupo 0	
	Preparación biomecánica + Agua destilada estéril	
	Preoperatorio UFC/Placa	Postoperatorio UFC/Placa
1	5+	3+
2	5+	3+
3	5+	2+
4	5+	3+
5	5+	3+
6	5+	3+
7	5+	3+
8	5+	3+
9	5+	3+
10	5+	2+
11	5+	3+
12	5+	3+
13	5+	3+
14	5+	3+
15	5+	3+
16	5+	3+
17	5+	2+
18	5+	3+

**Cuadro 1.** Resultado de semicuantificación de UFC de *E. faecalis* por placa en agar bilis esculina del grupo 0.

### Grupo 1: Testigo. Preparación biomecánica e irrigación con NaOCl al 1%

Luego de la instrumentación e irrigación con NaOCl al 1% se realizó la toma de muestra postoperatoria, donde se observaron los siguientes resultados (cuadro 2): en 1 muestra se obtuvo una semicuantificación de 3+, en 11 muestras se obtuvo una semicuantificación de 2+, en tres muestras se obtuvo una semicuantificación de 1+ y en las tres muestras restantes no se obtuvo crecimiento de UFC de *Enterococcus faecalis* ( Fig. 15 y fig. 16 ).

Número de muestra	TESTIGO	
	Grupo 1	
	Preparación biomecánica + NaOCl al 1%	
	Preoperatorio UFC/Placa	Postoperatorio UFC/Placa
1	5+	0
2	5+	2+
3	5+	1+
4	5+	2+
5	5+	0
6	5+	3+
7	5+	2+
8	5+	2+
9	5+	2+
10	5+	2+
11	5+	2+
12	5+	2+
13	5+	2+
14	5+	1+
15	5+	2+
16	5+	0
17	5+	2+
18	5+	1+

**Cuadro 2.** Resultados de semicuantificación de UFC de *E. faecalis* por placa en agar bilis esculina del grupo 1.

**Grupo 2: Preparación biomecánica e irrigación con NaOCl al 1%, más aplicación de Yoduro de Potasio Yodado al 2% durante 5 minutos.**

Luego de la instrumentación e irrigación con hipoclorito de sodio al 1%, más aplicación de yoduro de potasio yodado al 2% durante 5 minutos, se realizó la toma de muestra postoperatoria, donde se observaron los siguientes resultados (cuadro 3) : en 10 muestras se obtuvo una semicuantificación de 1+ y en ocho muestras no se obtuvo crecimiento de UFC de *Enterococcus faecalis* (Fig. 17 y fig. 18). Los crioviales conteniendo los 90 microlitros de tioglicolato fueron incubados después de la siembra en placa, en este caso se observó crecimiento de UFC en forma de flóculos en la zona adyacente al cono de papel embebido con la suspensión bacteriana en menor cantidad con respecto a los crioviales correspondientes a los grupos 0 y 1.

Número de muestra	IKI	
	Grupo 2	
	Preparación Biomecánica + NaOCl al 1% + IKI al 2%	
	5 minutos	
	Preoperatorio UFC/Placa	Postoperatorio UFC/Placa
1	5+	0
2	5+	1+
3	5+	0
4	5+	0
5	5+	1+
6	5+	0
7	5+	1+
8	5+	1+
9	5+	1+
10	5+	1+
11	5+	1+
12	5+	1+
13	5+	0
14	5+	1+
15	5+	0
16	5+	0
17	5+	1+
18	5+	0

**Cuadro 3.** Resultados de semicuantificación de UFC de *E. faecalis* por placa en agar bilis esculina del grupo 2.

**Grupo 3: Preparación biomecánica e irrigación con NaOCl al 1% , más aplicación de yoduro de potasio yodado al 2% durante 15 minutos.**

Luego de la instrumentación e irrigación con hipoclorito de sodio al 1%, más aplicación de yoduro de potasio yodado al 2% durante 15 minutos, se realizó la toma de muestra postoperatoria, donde se observaron los siguientes resultados (cuadro 4): en 17 muestras se obtuvo un cultivo negativo y sólo en una muestra se obtuvo una semicuantificación de 2 + ( Fig. 19 y fig. 20). Los crioviales conteniendo los 90 microlitros de tioglicolato fueron incubados después de la siembra en placa, no se pudo observar crecimiento de colonias

Número de muestra	IKI	
	Grupo 3	
	Preparación Biomecánica + NaOCl al 1% + IKI al 2%	
	15 minutos	
	Preoperatorio UFC/Placa	Postoperatorio UFC/Placa
1	5+	0
2	5+	0
3	5+	0
4	5+	0
5	5+	0
6	5+	0
7	5+	0
8	5+	0
9	5+	0
10	5+	0
11	5+	0
12	5+	0
13	5+	2+
14	5+	0
15	5+	0
16	5+	0
17	5+	0
18	5+	0

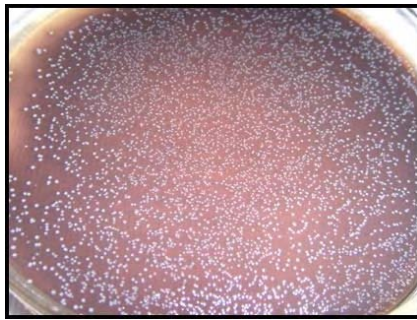
**Cuadro 4.** Resultados de semicuantificación de UFC de *E. faecalis* por placa en agar bilis esculina del grupo 3.

En todos los grupos instrumentados e irrigados hubo una reducción en las UFC de las muestras postoperatorias. La instrumentación mecánica con agua destilada estéril (Grup 0) disminuyó el número de UFC con respecto a las muestras preoperatorias. Esta reducción fue estadísticamente significativa en los casos donde se emplearon como irrigante el NaOCl al 1% ( $p<0.05$ ), el NaOCl al 1% más IKI al 2% durante 5 minutos ( $p<0.001$ ) y el NaOCl al 1% más IKI al 2% durante 15 minutos ( $p<0.001$ ). (Cuadro 5 y 6)

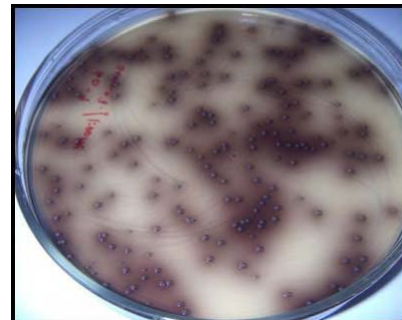
La instrumentación mecánica asociada al NaOCl al 1% fue capaz de reducir las UFC en la semicuantificación. Esta reducción fue estadísticamente significativa cuando se comparó con el grupo que fue irrigado con NaOCl al 1% más IKI al 2% durante 15 minutos ( $p<0.001$ ). Si bien se observó reducción de UFC cuando se comparó el grupo 1 y 2, ésta no resultó ser estadísticamente significativa, pero desde el punto de vista microbiológico fue más efectivo emplear como coadyuvante una irrigación de IKI al 2% que potencie la eliminación de *Enterococcus faecalis*. (Cuadro 5 y 6)

La instrumentación quimiomecánica empleando como irrigante final el IKI al 2% durante 15 minutos (Grupo 3) fue capaz de reducir el número de unidades formadoras de colonias con respecto al grupo de muestras donde se Instrumentó con hipoclorito de sodio al 1% más IKI al 2% (Grupo2), sin embargo esta reducción no resultó estadísticamente significativa ( $p>0.05$ ). Además, al comparar los resultados entre los grupos 2 y 3, desde el punto de vista microbiológico, fue más efectivo emplear como coadyuvante una irrigación con yoduro de potasio yodado al 2% que potencie la eliminación de *Enterococcus faecalis*. (Cuadro 5 y 6)





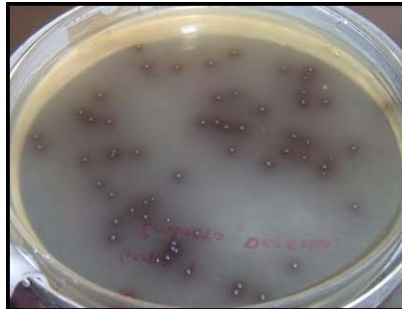
**Fig.13.** Semicuantificación de *E. faecalis* 5+. Preoperatorio. Grupo 0.



**Fig.14.** Semicuantificación de *E. faecalis* 3+. Postoperatorio. Grupo 0.



**Fig.15.** Semicuantificación de *E. faecalis* 5+. Preoperatorio. Grupo 1.



**Fig.16.** Semicuantificación de *E. faecalis* 2+. Postoperatorio. Grupo 1.



**Fig.17.** Semicuantificación de *E. faecalis* 5+. Preoperatorio. Grupo 2.



**Fig.18.** Semicuantificación de *E. faecalis* 1+. Postoperatorio. Grupo 2.



**Fig.19.** Semicuantificación de *E. faecalis* 5+. Preoperatorio. Grupo 3.



**Fig.20.** Semicuantificación de *E. faecalis* 0. Postoperatorio. Grupo 3.

**Cuadro 5.** Resultados de semicuantificación de UFC de *E. faecalis* por placa en el agar bilis esculina de los cuatro grupos.

Número de muestra	TESTIGO				IKI			
	Grupo 0		Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Preparación biomecánica + Agua destilada estéril		Preparación biomecánica + NaOCl al 1%		Preparación Biomecánica + NaOCl al 1% + IKI al 2%		Preparación Biomecánica + NaOCl al 1% + IKI al 2%	
					5 minutos		15 minutos	
	Preoperatorio UFC/Placa	Postoperatorio UFC/Placa	Preoperatorio UFC/Placa	Postoperatorio UFC/Placa	Preoperatorio UFC/Placa	Postoperatorio UFC/Placa	Preoperatorio UFC/Placa	Postoperatorio UFC/Placa
1	5+	3+	5+	0	5+	0	5+	0
2	5+	3+	5+	2+	5+	1+	5+	0
3	5+	2+	5+	1+	5+	0	5+	0
4	5+	3+	5+	2+	5+	0	5+	0
5	5+	3+	5+	0	5+	1+	5+	0
6	5+	3+	5+	3+	5+	0	5+	0
7	5+	3+	5+	2+	5+	1+	5+	0
8	5+	3+	5+	2+	5+	1+	5+	0
9	5+	3+	5+	2+	5+	1+	5+	0
10	5+	2+	5+	2+	5+	1+	5+	0
11	5+	3+	5+	2+	5+	1+	5+	0
12	5+	3+	5+	2+	5+	1+	5+	0
13	5+	3+	5+	2+	5+	0	5+	2+
14	5+	3+	5+	1+	5+	1+	5+	0
15	5+	3+	5+	2+	5+	0	5+	0
16	5+	3+	5+	0	5+	0	5+	0
17	5+	2+	5+	2+	5+	1+	5+	0
18	5+	3+	5+	1+	5+	0	5+	0

++++, muy abundante; +++, abundante; ++, moderado; +, escaso; +, muy escaso. Según el método descrito por Dahlén et al. A retrospective study of microbiological samples from oral mucosal lesions. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology 1982; 53; 250 – 5.

**Cuadro 6.** Resultados de la frecuencia de semicuantificación de UFC de *E. faecalis* por placa en el agar bilis esculina de los cuatro grupos.

Número de muestra	Grupo 0			Grupo 1			Grupo 2			Grupo 3		
	Testigo con preparación biomecánica + Agua destilada estéril			Testigo con preparación biomecánica + NaOCl al 1%			Preparación Biomecánica + NaOCl al 1% + IKI al 2%			Preparación Biomecánica + NaOCl al 1% + IKI al 2%		
							5 minutos			15 minutos		
	Preoperatorio	Postoperatorio		Preoperatorio	Postoperatorio		Preoperatorio	Postoperatorio		Preoperatorio	Postoperatorio	
	<i>n</i>	<i>n</i>	%	<i>n</i>	<i>n</i>	%	<i>n</i>	<i>n</i>	%	<i>n</i>	<i>n</i>	%
0					3	17%		8	44%		17	95%
+					3	17%		10	56%			
++		3	17%		11	61%					1	5%
+++		15	83%		1	5%						
++++												
+++++	18			18			18			18		

G0-G1: s (p<0.05); G0-G2: s (p<0.001); G0-G3: s (p<0.001); G1-G2: ns (p>0.05); G1-G3: s (p<0.001); G2-G3: ns (p>0.05)

## V. DISCUSIÓN

En el presente estudio se obtuvo crecimiento de UFC en un 100% de las muestras postoperatorias que habían sido irrigados con agua destilada estéril (grupo 0), situación que evidenció que el agua destilada tuvo menor efecto en la disminución de UFC de *Enterococcus faecalis* con respecto al NaOCl al 1 % y al IKI al 2% ( $p < 0.05$ ). Haznedaroglu y Ersev en el 2001, en un estudio *in vitro* evaluaron en 20 dientes una solución de tetraciclina HCl como irrigante para la remoción del barro dentinario del sistema de conductos radiculares frente a las soluciones de NaOCl al 2,5% y ácido cítrico al 50%, empleando agua bidestilada como irrigante en el grupo control. Según los resultados de microscopía electrónica de barrido obtuvieron que el agua bidestilada y el NaOCl fueron inefectivos en la remoción del barro dentinario mientras que el ácido cítrico y la tetraciclina HCl fueron estadísticamente significativos ( $p < 0.001$ ); además esta última desmineralizó menos dentina peritubular.<sup>38</sup>

En este estudio, al realizar la instrumentación e irrigación con NaOCl al 1%, se obtuvo una reducción de UFC de *E. faecalis* en 17% de los cultivos de las muestras postoperatorias. Haapasalo et al en el 2000, investigaron la inactivación de la actividad antibacteriana de varios medicamentos comúnmente usados en el conducto frente al polvo de dentina. Los medicamentos evaluados fueron una solución saturada de hidróxido de calcio, NaOCl al 1%, acetato de clorhexidina al 0,5% y 0.05% y IKI al 2/4% y 0,2/0,4%. El microorganismo de prueba fue *E. faecalis* A197A. Los resultados mostraron que el polvo de dentina tuvo un efecto inhibitorio sobre todos los

medicamentos evaluados, lo cual dependió de la concentración del medicamento y del periodo de tiempo que el medicamento fue preincubado con el polvo de dentina antes de que se agregue la bacteria. El polvo dentinario no eliminó totalmente la actividad antibacteriana del NaOCl al 1% y del IKI, sin embargo, si eliminó por completo la actividad de la solución saturada de hidróxido de calcio.<sup>39</sup> Ordinola et al en el 2006 evaluaron la capacidad antimicrobiana *in vitro* de diferentes soluciones irrigantes y medicamentos endodónticos: NaOCl al 1%, clorhexidina al 0.12%, doxiciclina al 100%, hexetidina al 0.1% e IKI al 2%. El análisis estadístico encontró diferencias significativas (  $p < 0.01$  ) en la concentración mínima inhibitoria para *E. faecalis*, concluyendo que todos los medicamentos fueron más efectivos que la solución de NaOCl al 1%. La doxiciclina 100mg/mL demostró tener la mayor capacidad bactericida.<sup>6</sup> Vianna et al en el 2004 compararon la actividad antimicrobiana de la clorhexidina al 0,2%, 1% y 2% y del NaOCl al 0,5%, 1%, 2,5% y 5,25% como irrigantes en el tratamiento endodóntico; con respecto al NaOCl al 1% encontraron que para la eliminación de *S. aureus*, *E. faecalis* y *C. albicans* se requiere su uso por 20 minutos, mientras que para *P. endodontalis*, *P. gingivalis* y *P. intermedia* sólo 15 segundos. En el caso del NaOCl al 5.25% se requirió 15 segundos para la eliminación de todas las bacterias.<sup>28</sup> Radcliffe et al en el año 2004 estudiaron la actividad antimicrobiana del NaOCl en diferentes concentraciones, encontrando una reducción de *Actinomyces naeslundii* al usar NaOCl a cualquier concentración. Para la reducción de *E. faecalis* se requirieron concentraciones mínimas de NaOCl al 1% durante 10 minutos, al 2,5% durante 5 minutos y al 5% por 2 minutos (  $p < 0.001$  ).<sup>40</sup>

En el presente trabajo, luego de la instrumentación e irrigación con hipoclorito de sodio al 1%, más aplicación de IKI al 2% durante 5 minutos, después de la toma de muestra postoperatoria, se encontró una recuperación de cepas de *E. faecalis* en 56%, lo cual significó una reducción de UFC en 44%. Peciulienė et al en el 2001, estudiaron el efecto antimicrobiano de la irrigación de IKI en 20 dientes oburados con periodontitis apical crónica. Aislaron bacterias en 16 dientes antes de la instrumentación y en cinco dientes después de la instrumentación y de la irrigación, tres de los cinco conductos contenían *E. faecalis* en cultivo puro y uno en cultivo mixto. Después de la irrigación con IKI al 2% durante 5 minutos, tomaron una tercera muestra después de neutralizar la actividad antibacteriana del IKI con una solución de tiosulfato de sodio, encontrando crecimiento persistente de *Enterococcus faecalis* en cultivo puro solo en un conducto.<sup>2</sup> Kvist et al en el 2004, evaluaron microbiológicamente 48 dientes con periodontitis apical en tratamientos de una sola cita empleando una solución de IKI al 5% durante 10 minutos. Las muestras y los cultivos fueron realizados antes e inmediatamente después de la instrumentación, y después de la medicación con IKI. Las muestras iniciales demostraron la presencia de microorganismos en 98% de los dientes y en las muestras postmedicación con IKI se encontraron microorganismos residuales en 29% de los dientes.<sup>5</sup>

Luego de la instrumentación e irrigación con hipoclorito de sodio al 1%, más aplicación de IKI al 2% durante 15 minutos, se encontró una recuperación de cepas de *Enterococcus faecalis* sólo en un 5%, siendo posible una reducción de UFC en 95%. Baker et al en el 2004, investigaron

*in vitro* la eficacia antibacteriana de irrigantes endodónticos y medicamentos para eliminar *Enterococcus faecalis* en túbulos dentinarios infectados de 129 especímenes cilíndricos de 5mm provenientes de incisivos bovinos. Además de ello investigaron si la adición de una sustancia surfactante era capaz de aumentar la acción antibacteriana de alguno de estos medicamentos:  $\text{Ca(OH)}_2$  al 10%, Betadina e IKI al 2%. Aún cuando la sustancia surfactante no aumentó la acción antibacteriana de alguno de los medicamentos, el IKI al 2% fue capaz de eliminar *Enterococcus faecalis* en 15 minutos y fue el único agente que fue tan efectivo a los 15 minutos como a las 24 horas de exposición. Los autores sugirieron más investigaciones para explorar el potencial del yoduro de potasio yodado para esterilizar el sistema de conductos cuando es empleado como un irrigante endodóntico.<sup>4</sup>

Se puede concluir que de acuerdo a la metodología empleada los resultados del presente estudio sugieren la utilidad del yoduro de potasio yodado cuando es usado después de la instrumentación del conducto y de la irrigación con hipoclorito de sodio, ya que fue capaz de disminuir las UFC de muestras provenientes de sistemas de conductos radiculares de dientes infectados con *Enterococcus faecalis*.

## VI. CONCLUSIONES

Por lo tanto, en base a la metodología empleada en el presente estudio se concluye que:

1. La semicuantificación de UFC previo a la preparación quimiomecánica obtuvo los mayores niveles de contaminación (5 +), con lo cual, *Enterococcus faecalis* demostró ser capaz de infectar *in vitro* consistentemente el sistema de conductos radiculares de las piezas dentarias estudiadas.
2. La semicuantificación de UFC de *Enterococcus faecalis* después de la preparación quimiomecánica empleando NaOCl al 1% obtuvo una reducción significativa ( $p < 0.05$ ) en comparación a las muestras preoperatorias, obteniéndose un 83% de cultivos positivos después de la instrumentación.
3. La semicuantificación después de la aplicación del yoduro de potasio yodado al 2% disminuyó el número de UFC de *Enterococcus faecalis* tanto a los 5 minutos como a los 15 minutos.
4. La utilización del IKI al 2% por 15 minutos posterior a la preparación quimiomecánica disminuyó significativamente el número de UFC de *Enterococcus faecalis* con respecto a la irrigación con hipoclorito de sodio al 1% ( $p < 0.001$ ), demostrando ser el método más efectivo para eliminar las bacterias del conducto radicular.
5. El orden de efectividad para la desinfección de los conductos radiculares de mayor a menor fue: NaOCl al 1% más IKI al 2% durante 15 minutos (95%), NaOCl al 1% más IKI al 2% durante 5 minutos (44%), NaOCl al 1 % (17%) y agua destilada (0%).

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los protocolos de ejecución del presente trabajo puedan ser evaluados en estudios *in vivo*.
- Se sugiere la realización de trabajos de investigación *in vitro* para evaluar el efecto antimicrobiano del yoduro de potasio yodado a diferentes concentraciones sobre otras cepas de microorganismos en forma de cultivos puros que estén asociados a enfermedades endodónticas persistentes.
- Se sugiere la realización de trabajos de investigación *in vitro* para evaluar el efecto antimicrobiano del yoduro de potasio yodado a diferentes concentraciones sobre otras cepas de microorganismos en forma de cultivos mixtos que estén asociados a enfermedades endodónticas persistentes.
- Se sugieren estudios de investigación y diseños metodológicos que puedan evaluar diferentes irrigantes a través de métodos de procesamiento cuantitativo y/o cualitativo microbiológico.

..



## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto *in vitro* del yoduro de potasio yodado al 2% posterior a la preparación quimiomecánica en conductos radiculares infectados con *Enterococcus faecalis*. Para este estudio, se emplearon 72 primeras molares inferiores permanentes de humanos, los cuales fueron infectados con *Enterococcus faecalis* ATCC 29212. Los conductos fueron preparados mediante instrumentación rotatoria y distribuidos de manera aleatoria en cuatro grupos de acuerdo al irrigante empleado: Grupo 0, agua destilada estéril; Grupo 1, NaOCl al 1%; Grupo 2: NaOCl al 1% IKI al 2% durante cinco minutos; y, Grupo 3: NaOCl al 1% más IKI al 2% durante 15 minutos. Se tomaron muestras postoperatorias de los conductos y se realizó la semicuantificación microbiológica de las unidades formadoras de colonias de las bacterias. Se comparó los grupos usando la prueba de Kruskal Wallis con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Todos los irrigantes empleados fueron capaces de disminuir *E. faecalis*, El orden de efectividad para la desinfección de los conductos radiculares de mayor a menor fue: NaOCl al 1 % más IKI al 2% durante 15 minutos (95%), NaOCl al 1% más IKI al 2% durante 5 minutos (44%), NaOCl al 1% (17%) y agua destilada (0%). Se concluye, que bajo las condiciones *in vitro* de este estudio, el yoduro de potasio yodado empleado después de la instrumentación fue capaz de eliminar significativamente *Enterococcus faecalis* en un tiempo de 15 minutos, demostrando ser el método más efectivo para eliminar las bacterias del conducto radicular.

## **SUMMARY**

The aim of this study was to determine the effect *in vitro* the ability of 2% Iodide Potassium Iodide after chemomechanical preparation in root canals infected with *Enterococcus faecalis*. For the study, seventy two human permanent mandibular first molar were used, wich were experimentally infected with *Enterococcus faecalis* ATCC 29212. The root canals were prepared by rotatory instrumentation and were randomly assigned to four experimental groups, accordingly to the technique and irrigation method used. In group 0, root canals were irrigated with sterile distilled water. In grouo 1, root canals were irrigated with 1% NaOCl during instrumentation. In grouo 2, root canals were irrigated with 1% NaOCl during instrumentation and five minute contact time with 2 % IKI after instrumentation. In grouo 3, root canals were irrigated with 1% NaOCl during instrumentation and 15-minute contact time with 2 % IKI after instrumentation. Bacteria colony forming units from root canal were semi-quantified and the groups were compared using the Kruskall-Wallis test ( $p < 0,05$ ). Effectiveness order was: 1% NaOCl plus 2% IKI for 15 minutes (95%), 1% NaOCl plus 2% IKI for 5 minutes (44%), 1% NaOCl (17%) and sterile distilled water (0%). It is concluded that under *in vitro* conditions of this study, IKI was able to eliminate significantly in a 15-minute time frame, being the most effective method to eliminate root canal bacteria.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kakehashi S, Stanley H, Fitzgerald R. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1965; 20; 340-9.
2. Peciuliene V, Teynaud, Balciuniene & Haapasalo. Isolation of yeasts and enteric bacteria in root-filled teeth with chronic apical periodontitis. *International Endodontics Journal* 2001; 34; 429-434.
3. Chávez de Paz L, Dahlén G, Molander A, Möller Å, Bergenholtz G. Bacteria recovered from teeth with apical periodontitis after antimicrobial endodontic treatment. *International Endodontic Journal* 2003; 36; 500-508.
4. Baker N, Liewehr F, Buxton T, Joyce A. Antibacterial efficacy of calcium hydroxide, iodine potassium iodide, betadine, and betadine scrub with and without surfactant against *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol Oral Rad and Endod – OOOOE* 2004 September; 98 (3); 359-364.
5. Kvist T, Molander A, Dahlén G, Reit C. Microbiological evaluation of One- and Two-Visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: A randomized, clinical trial. *Journal of Endodontics* 2004; 10(8); 572 –6.

6. Ordinola R; Mendiola C; Valdivia E. Capacidad antimicrobiana *In vitro* de diferentes soluciones irrigantes y medicamentos endodónticos frente a *Enterococcus faecalis*, *Lactobacillus casei* y *Streptococcus oralis*. Visión Dental 2006: 9; 11-17.
7. Castillo AM, Liébana J, García A. Las bacterias. En: Liébana J, Bagán J, compiladores. Terapéutica antimicrobiana en Odontoestomatología. Madrid, España: Editorial Smith Kline Beecham; 2001.
8. Liébana J, González M, Liébana M, Parra L. Composición y ecología de la microbiota oral. En Liébana J, compilador. Microbiología Oral. Segunda Edición. España. Editorial McGraw-Hill Interamericana; 2002.
9. Baumgartner C. Microbiological and molecular analysis of endodontic infections. Endodontic topics 2004: 7; 35-51.
10. Haapasalo M, Udnaes T, Endal U. Persistent, recurrent, and acquired infection of the root canal system post-treatment. Endodontic topics 2003: 6; 29-56.
11. Segura J, Jiménez A, Poyato M, Velasco E, Ríos J. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in an adult Spanish population. International Endodontic Journal 2004: 37; 525-530.

12. Loftus J, Keating A, McCartan E. Periapical status and quality of endodontic treatment in an adult Irish population, International Endodontic Journal 2005: 38; 81-86.
13. Adib V, Spratt D, Ng Y, Gulabivala K. Cultivable microbial flora associated with persistent periapical disease and coronal leakage after root canal treatment: a preliminary study. International Endodontic Journal 2004: 37; 542-551.
14. Pinheiro E, Gomes B, Ferraz C, Sousa E, Teixeira F, Souza-Filho F. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. International Endodontic Journal 2003: 36; 1-11.
15. Pinheiro E, Gomes B, Drucker D, Zaia A, Ferraz C, Souza-Filho F. Antimicrobial susceptibility of *Enterococcus faecalis* isolated from canals of root filled teeth with periapical lesions. International Endodontic Journal 2004: 37; 756-763.
16. Siqueira JF Jr. Aetiology of root canal treatment failure: Why well-treated teeth can fail. International Endodontic Journal 2002: 34;1-10.
17. Siqueira Jr. J, Rôças I, Lopes H, Magalhaes F, De Uzeda M. Elimination of *Candida albicans* of the radicular dentin by intracanal medications. Journal of Endodontics 2003: 29(8); 501- 505.

18. Portenier I, Waltimo T, Haapasalo M. *Enterococcus faecalis* – the root canal survivor and “star” in post-treatment disease. Endodontic topics 2003: 6;135-159.
19. Zoletti G, Siquiera, Santos K. Identification of *Enterococcus faecalis* in Root-filled teeth with or without periradicular lesions by Culture-dependent and-Independent approaches. Journal of endodontics 2006: 32(8); 722-726.
20. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil J. Erradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. Endodontic topics 2005: 10; 77-102.
21. Chávez de Paz L. Gram-positive organisms in endodontic infections. Endodontics Topics 2004: 9; 79-96.
22. Stuart Ch, Schwartz S, Beeson T, Owats C. *Enterococcus faecallis*: Its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. Journal of endodontics 2006: 32(2); 93-98.
23. Gulabivala K, Patel B, Ecans G, Ling Y. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. Endodontic Topics 2005: 10; 103-112.

24. Murray P, Rosenthal K, Pfaller M, compiladores. Microbiología Médica. *Enterococcus* y otros cocos grampositivos. Quinta Edición. Madrid, España. Editorial Elsevier Mosby; 2005.
25. Brooks G, Batel J, Morse, compiladores. Microbiología médica de Jawetz, Melnick y Adelberg. 18ª Edición en español. México. Editorial el Manual Moderno; 2005.
26. McDonnell G, Russell D. Antiseptics and Desinfectants: Activity, Action, and Resistance. Clinical Microbiology Reviews 1999 January: 12(1);147-179.
27. Gomes B, Ferraz C, Vianna M, Berber V, Teixeira F, Souza-Filho F. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. Int Endodontic J 2001: 34; 424-28.
28. Vianna ME, Gomes BP, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CC, de Souza-Filho FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2004: 97; 79– 84.
29. Pashley EL, Birdsong NL, Bowman K, Pashley DH. Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. J Endodo 1985: 11; 525 – 528.

30. Spanberg L, Ångstrom B, Langeland K. Biologic effects of dental materials. III. Toxicity and antimicrobial effect of endodontics antiseptics in vitro. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology. 1973; 36; 856 – 71.
31. Hancock H, Sigurdson A, Trope M, Moiseiwitsch J. Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology 2001; 91; 579-86.
32. Orstavik D, Haapasalo M. Desinfections by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. Endod Dent Traumatol 1990; 6; 142–149.
33. Ingle J, Bakland L, compiladores. Endodoncia. Quinta Edición. México. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. 2003.
34. Leonardo M, Leonardo R, compiladores. Sistemas rotatorios en Endodoncia. Instrumentos de Níquel – Titanio. Brasil. Editorial Artes médicas Latinoamérica. 2002.
35. Soares, I, compilador. Endodoncia. Técnica y fundamentos. Parte I – Técnica y fundamentos. España. Editorial Médica Panamericana. 2003.



36. Canales, F., Alvarado E, Pineda E, compiladores. Metodología de la investigación. Manual para el Desarrollo de Personal de Salud. Organización Panamericana de la Salud-Organización Mundial de la Salud. Washington, USA. Organización Panamericana de la Salud. 1986.
37. Hernández R, Fernádes-Collado, Baptista P, compiladores. Metodología de la Investigación. Cuarta Edición. México. Editorial McGraw Hill Interamericana. 2004.
38. Haznedaroglu F, Ersev H Tetracycline HCl solution as a root canal irrigant. Journal of Endodontics 2001 December: 27(12); 738-740.
39. Haapasalo HK, Sirén EK, Waltimo TM, Orstavik D, Haapasalo M. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. International Endodontic Journal 2000: 33; 126-131.
40. Radcliffe C, Potouridou L, Qureshi R, Hababbeh N, Qualtrough A, Worthington H, Drucker D. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. International Endodontic Journal 2004: 37; 438–446.

**ANEXOS**

## FICHA DE EVALUACIÓN Y REGISTRO DE DATOS

### OBJETIVO:

Evaluar la secuencia y resultados del procedimiento *in vitro* para evaluar el efecto del yoduro de potasio yodado al 2% sobre la bacteria *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 en el sistema de conductos radiculares de raíces mesiales de primeras molares inferiores permanentes.

GRUPO : ☐ 0 (Basal)

☐ 1 (instrumentación quimiomecánica)

☐ 2 (instrumentación quimiomecánica + IKI 2% 5 min)

☐ 3 (instrumentación quimiomecánica + IKI 2% 15 min)

Muestra N° \_\_\_\_\_

Longitud del conducto : .....mm.

### Microbiología: Prueba de laboratorio

Semicuantificación del número de unidades formadoras de colonias (UFC) de *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 por placa en agar bilis esculina después de incubación a 37 °C durante 24 horas.

( ) **0** --- 0 UFC/Placa: Nulo

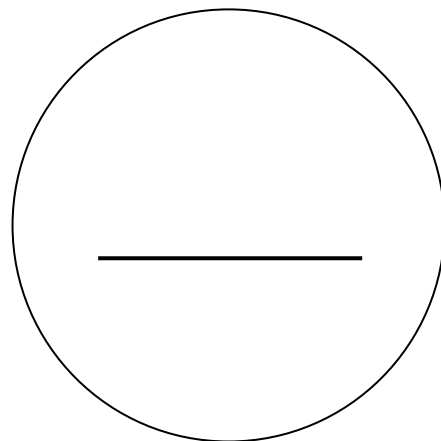
( ) **1+** --- 1 – 10 UFC/Placa: Muy escaso

( ) **2+** --- 11 – 10<sup>2</sup> UFC/Placa: Escaso

( ) **3+** --- 101 – 10<sup>3</sup> UFC/Placa: Muy escaso

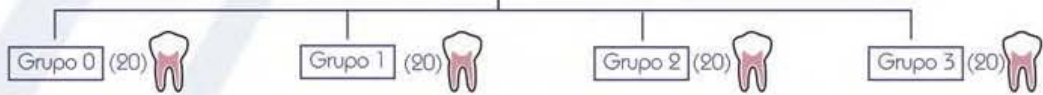
( ) **4+** --- 1001 - 10<sup>4</sup> UFC/Placa : Abundante

( ) **5+** --- >10<sup>4</sup> UFC/Placa :Muy Abundante

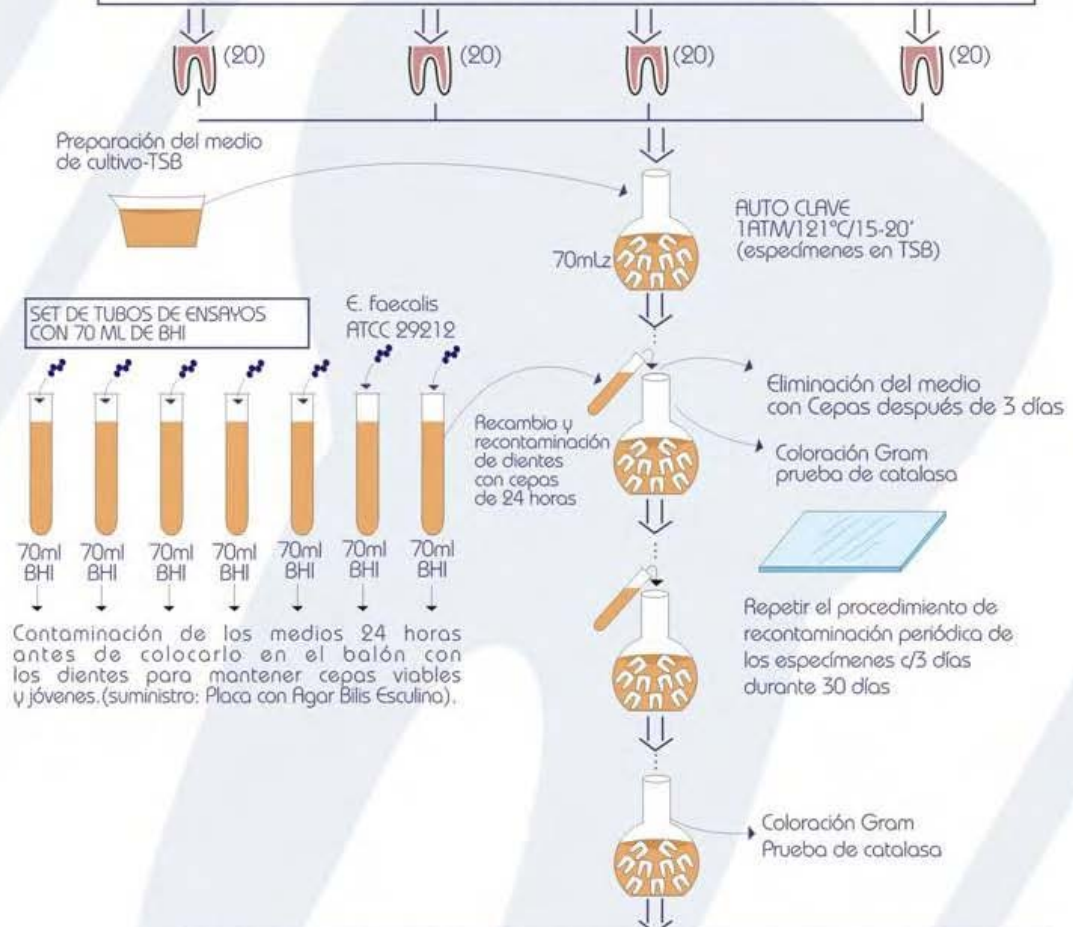


"EFECTO INVITRO DEL YODURO DE POTASIO YODADO AL 2% POSTERIOR A LA PREPARACIÓN QUIMICOMECAICA EN CONDUCTOS RADICULARES INFECTADOS CON ENTEROCOCCUS FAECALIS"  
JAVIER TELLO BARBARAN

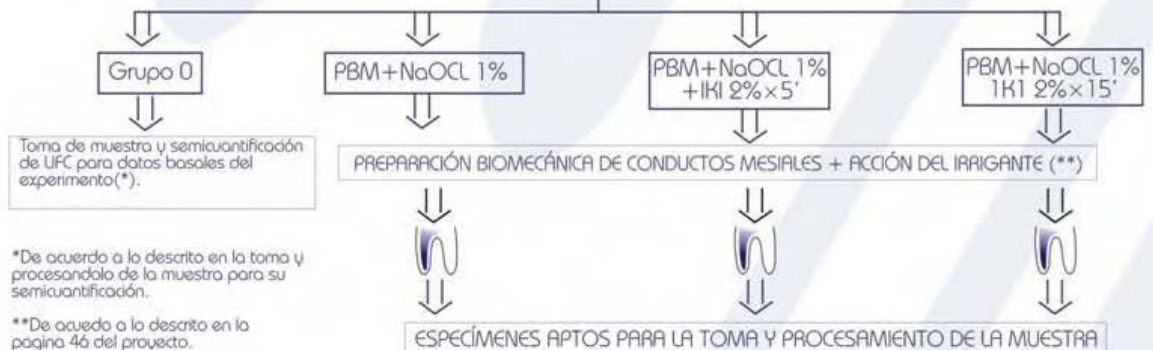
### PRIMERAS MOLARES INFERIORES



### SELLADO APICAL Y PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES



### REMOCIÓN MECÁNICA ROTATORIA DE LA DENTINA QUE RODEA LA ENTRADA DE LOS CONDUCTOS Y TAPONAMIENTO DEL CONDUCTO DISTAL



\*De acuerdo a lo descrito en la toma y procesando de la muestra para su semicuantificación.

\*\*De acuerdo a lo descrito en la pagina 46 del proyecto.

# TOMA Y PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA DE LOS CONDUCTOS RADICULARES MESIALES

## APLICACIÓN DE TIOSULFATO DE SODIO 5% PARA INACTIVACIÓN DE COMPUESTOS HALOGENADOS

